

На правах рукопису

УДК 681.5.001.63 + 519.95:502.33

КАПАНІНА ЮЛІЯ ІВАНІВНА

**МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ
ЕКОЛОГІЧНО ОБГРУНТОВАНИХ
ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ**

Спеціальність 05.13.12-системи автоматизації проектування

**Автореферат дисертації
на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук**

Праця виконана в Українському науковому центрі охорони вод

Наукові керівники:

— доктор технічних наук, професор Сухоруков Г. О.

Офіційні опоненти:

— доктор фіз.-мат. наук, професор Яковлев С. В.

— кандидат технічних наук, доцент Бескаравайний В. В.

Ведуче підприємство:

— Інститут проблем машинобудування АН України

Захист відбудеться „24“ люня 1994 р.
о „13“ годині на засіданні спеціалізованої ради К 068.37.03
у Харківському державному технічному університеті радіо-
електроніки (310059, м. Харків, пр. Леніна, 14).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харків-
ського державного технічного університету радіоелектроніки.

Автореферат розіслано „20“ мар 1994 року.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Вчений секретар
спеціалізованої ради
канд. техн. наук, доцент



Е. А. СУКОСОВ

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00777590 (Z)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Охорона природи і раціональне використання природних ресурсів за територіального часу є важливою складовою стратегії гармонічного розвитку України. Одним з головних джерел негативного впливу, що визначають в значній мірі рівень забруднення об'єктів природного середовища, є житлові комплекси - населені пункти, міські системи.

Під житловим комплексом розуміється поселення, котра містить підсистеми, які забезпечують цілком чи частково потреби населення в енергії, воді, деяких інших видах продукції та послуг, а також підсистеми, які здійснюють очищення (обробку) та утилізацію рідких та твердих відходів. Фактично житловий комплекс може являти собою селище, місто чи його частину. Житлові комплекси чинять прямий негативний вплив, як джерела відходів, і посередній, споживаючи значну кількість матеріальних та енергетичних ресурсів, виробництво яких пов'язане з забрудненням навколишнього середовища і використання природних ресурсів на місці їх виробництва.

Відомо, що подальший розвиток технології виробництва, технології обробки і утилізації відходів не для виробничих, так і для житлових комплексів є ключовим для досягнення екологічного благополуччя. Враховуючи цю обставину, великий теоретичний і практичний інтерес становить проблема розробки математичних моделей для системи автоматизації проектування екологічно об'єктованих житлових комплексів, що включають екологічно безпечні системи виробництва енергії, теплої води, іншої продукції, а також високоефективні системи обробки та утилізації відходів. Особливістю таких моделей визначається наявністю специфічних обмежень і кількох критеріїв оптимальності, відображальних потреби населення в продукції і послугах, вимоги охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання природних ресурсів, потреби в зовнішніх ресурсах для розвитку і функціонування житлового комплексу. Вирішення такої проблеми пов'язане з

розробкою і дослідженням багатокритеріальних моделей імітації випаденого класу, орієнтованих на вирішення задач оптимізації розвитку житлового комплексу з трьома типами критеріїв оптимальності - економічними, екологічними і соціальними критеріями. Цей напрямок досліджено далі не в значній мірі, незважаючи на збільшення кількості робіт в галузі моделювання міських і виробничих систем, однією їх живилою на природі об'єкти. Тому проблема побудови моделей оптимізації екологічно обґрунтованих житлових комплексів є актуальною.

Цілі і задачі дослідження. Метою дослідження дисертації є розробка, теоретичне обґрунтування і практичне застосування моделей оптимізації та імітації екологічно обґрунтованого житлового комплексу, методів багатокритеріальної оптимізації для техніко-економічного, екологічного обґрунтування і автоматизації проектування систем енерго- і водопостачання, систем обробки і утилізації відходів житлового комплексу (ЖК).

Поставлені цілі визначили такі задачі дослідження:

- аналіз вибірки житлових комплексів на наявність природне середовища, аналіз методів моделювання і оптимізації ЖК;
- розробку і теоретичне обґрунтування моделей оптимізації екологічно обґрунтованого ЖК;
- розробку і теоретичне обґрунтування імітаційних моделей екологічно обґрунтованого ЖК;
- розробку і теоретичне обґрунтування системи критеріїв, методу і алгоритму багатокритеріальної (трикритеріальної) оптимізації;
- розробку і теоретичне обґрунтування методу ранжирування водоохоронних заходів на основі багатокритеріальної оптимізації;
- дослідження ефективності розроблених моделей та методів для конкретної конфігурації систем енерго- і водопостачання, обробки та утилізації відходів ЖК.

виключючи дослідження чутливості рішень та чутливості випадкових даних - параметрів моделі.

Наукова новизна дисертації полягає в створенні проблемно-орієнтованого класу моделей оптимізації та імітації екологічно обгрунтованого житлового комплексу, методу та алгоритму багатокритеріальної (трикритеріальної) оптимізації виробництва, обробки та утилізації відходів.

Нові наукові результати, які вносяться на заміст, полягають ось у чому:

- розроблений і теоретично обгрунтований клас моделей багатокритеріальної оптимізації виробництва, обробки та утилізації відходів ЖК, які включають взаємозв'язані підсистеми з альтернативністю технологіям виробництва енергії та водоенергетичною, очиски стічних вод, утилізації органічних відходів;

- розроблена модель імітації підсистеми енергопостачання ЖК з асинхронними технологіями та джерелами енергії;

- запропонована та обгрунтована система критеріїв оптимізації ЖК, яка включає клас економічних критеріїв, клас екологічних критеріїв, а також клас соціальних критеріїв - критеріїв комфортності, які визначають ступінь задоволення потреб населення ЖК в продукції та послугах;

- розроблено і теоретично обгрунтовано метод та алгоритм багатокритеріальної (трикритеріальної) оптимізації, який базується на способі рішення складної взаємозв'язаної задачі, що породжується моделлю оптимізації екологічно обгрунтованого житлового комплексу з трьома критеріями - економічним, екологічним та критерієм комфортності;

- запропоновано метод багатокритеріальної оптимізації для вирішення окремої задачі цілочисельного програмування, яка пов'язана з проблемою раціоналізації природоохоронних заходів по мірі їх важливості.

Вірогідність наукових результатів визначається використанням наукового базису - методів математичного (лінійного, параметричного) програмування,

багатокритеріальної оптимізації, підтверджується науковою апробацією результатів дисертації, їх практичним застосуванням та впровадженням.

Практична цінність результатів дисертації визначається тим, що вони є основою для вирішення важливої народногосподарської задачі оптимізації планування та автоматизації проектування технологічних об'єктів виробництва та природоохоронних об'єктів як єдиного цілого в комунальному господарстві, енергетиці та інших галузях.

Розроблені моделі оптимізації та імітації, методи та алгоритми багатокритеріальної оптимізації, програмний комплекс для ПЕОМ можуть бути використані для техніко-економічного, екологічного обґрунтування та оптимального проектування нових і реконструкції існуючих систем енерго- та водопостачання, обробки і утилізації відходів житлових комплексів, а також технологічних комплексів іншого типу.

Реалізацію і впровадження результатів дисертації здійснено відповідно до програми НДР ДКНТ України, Мінприроди України, виконаної в УкрНЦОВ, а також згідно з господарськими договорами.

Впровадження результатів дисертації здійснено в таких напрямках:

1. Метод уникритеріальної оптимізації, алгоритми, методика і схема розрахунку та вибору пріоритетних водоохоронних заходів увійшли складовою частиною в методичку та інструкцію розрахунків гранично допустимих скидів (ГДС) речовин в водні об'єкти з стічними водами, яка використовується для розробки проєктів ГДС, плану водоохоронних заходів по досягненню ГДС та для розрахунку тимчасово узгоджених скидів для всіх підприємств України.

2. Методика вибору черговості заходів (раціоналізації) використана для розробки довгострокової програми охорони вод Довженко-Придніпровського басейну.

3. Розроблено інформаційну базу та базу даних за техніко-економічними характеристиками малих: очисних споруд для ЖК, котрі входять складовою частиною в базу даних щодо іригуючих технологій, розроблених в УкрНЦОБ.

4. Опрацьовані програмні забезпечення використано для оптимізації вибору джерел енергопостачання, водогосптарства, типу очисних споруд типового малого селища (на замовлення Управління архітектури Харківської області), а також для оптимізації енерго- і водогосптарства окремих виробництв хімічної промисловості (на замовлення НПО "Квблант").

Апробація результатів праці. Результати дослідження, наведені в дисертації, доповідались на таких конференціях, семінарах, симпозіумах:

Всесоюзній симпозіум "Научно-методические основы биосферосоюзных технологий" (Одеса, 1990 р.); Всесоюзна конференція "Методологии экологического проектирования" (Харків, 1990 р.); IV всесоюзна школа "Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами" (Туапсе, 1990 р.); всесоюзна школа-семинар "Анализ и моделирование экологических систем" (Іркутськ, 1991 р.); устатківська конференція "Носфера и современные технологии" (Семінополь, 1991 р.); міжнародна конференція МНПСА (NASA) "Интеллектуальные системы поддержки принятия решений" (Кіашиле-Крым, жовтень, 1992 р.).

Публікації. Основні результати роботи відбиті в п'яти друкованих роботах. Список публікацій автора наведено в заключній частині реферату.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, вкладених на 169 сторінках, списку використаної літератури з 24 назв, додатку; містить 36 таблиць, 10 малюнків.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ

У вступі коротко викладено мета дисертації, основні наукові результати та положення, котрі є темою дисертації.

В першому розділі проведено системний аналіз впливу житлових комплексів на кількісне природне середовище, аналіз методів моделювання та оптимізації житлових комплексів. В результаті аналізу обгрунтована мета і задачі дослідження дисертації.

В основі проведеного аналізу покладена відома концепція узгодженого розвитку технології виробництва, споживання і обробки (очищення і утилізації) відходів. Для житлових комплексів міських систем реалізація такої концепції пов'язана із забезпеченням потреб населення продукцією та послугами (енергією, водою, їжею та ін.) і істотним зменшенням до допустимого рівня негативного впливу ЖК на природні об'єкти (ПО) за рахунок розвитку технології виробництва, обробки та утилізації відходів. Виходячи з цього, запропоновано розглядати два аспекти впливу ЖК на ПО. Прямий вплив: використання природного простору; використання і споживання природних ресурсів; скиди забруднюючих речовин. Непрямий вплив: споживання енергії і матеріальних ресурсів, виробництво яких пов'язане з негати́вним впливом на ПО. Глибший підхід визначає склад головних системотворлих факторів: кількість населення, рівень споживання енергії, водних ресурсів, продукції промисловості і сільського господарства, кількість відходів, які відводять, види і кількості характеристики обмежень та відведення відходів в навколишнє середовище. В рамках таких системотворлих факторів проведено аналіз росту чисельності міського населення, споживання енергії продукції і природних ресурсів. В результаті обгрунтовано провідні параметри, що є об'єктами дослідження та моделювання, обсяги виробництва і споживання, електроенергії, газу, водних ресурсів, харчування продукції, а також кількість відведення відходів - стічних вод і кормових домішок

ідеологія відходів. Для кожного з видів продукції розглянуто альтернативні технології їх виробництва, наприклад, екологічно безпечна технологія виробництва електричної енергії за рахунок використання сонячної, вітряної енергії, енергії біогазу. В свою чергу, розглянуто різноманітні варіанти технологій обробки та утилізації відходів для забезпечення обмежень на скид забруднюючих речовин.

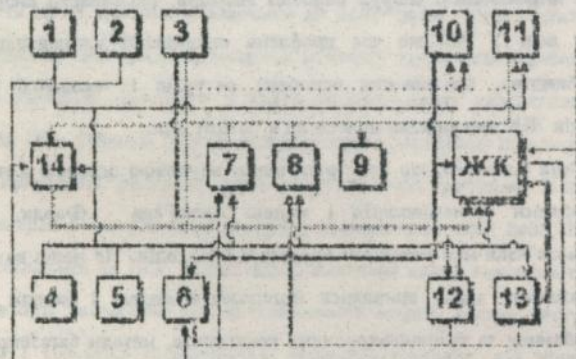
Аналіз досліджень по проблемі моделювання і оптимізації міських систем, житлових комплексів показав, що такі дослідження в основному сконцентровані у вирішенні задач технологічного і соціального характеру (розвиток мереж, транспорт, оптимізація житлового фонду, сфера послуг і т.п.). В галузі охорони навколишнього природного середовища значний обсяг досліджень пов'язаний з моделюванням розподілу витрат енергії в будівлях і атмосфері, гіросфері і т. ін., а також з моделюванням і оптимізацією споруд обробки відходів, насамперед, споруд очистки ж. лікн стічних вод. У той же час проблема оптимізації узгодженого розвитку технології виробництва, споживання основних ресурсів і технології обробки та утилізації відходів ЖК досліджена дещо не в повній мірі.

В дисертації показано, що конструктивною науковою основою для вирішення розглянутої проблеми є методологія і моделі Леон'єва - Форда, де вперше розглянуто взаємозв'язок між потоками продукції і відходів. Не менш важливим для вирішення поставлених задач виявилась методологія моделі і методи оптимізації розвитку виробництва та природоохоронних комплексів, методи багатовимірної оптимізації, методи імітаційного моделювання.

В результаті аналізу обґрунтовано необхідність дослідження в трьох напрямках: синтез моделей оптимізації екологічно обґрунтованих ЖК, методів імітаційного моделювання, методів багатовимірної оптимізації розвитку ЖК.

В другому розділі розглянуто задачу синтезу моделей оптимізації екологічно обґрунтованого житлового комплексу (ЖК).

Сформульовано основні положення моделювання екологічно обгрунтованого ЖК, які визначають структуру моделі, систему обмежень і критерії оптимізації. При побудові моделі основну увагу приділено розглячу систем енерго- і водогосподарства, систем обробки і утилізації твердих і рідких відходів. Враховуючи необхідність вирішення проблеми раціонального розвитку маляно-енергетичного комплексу України, належну увагу приділено нетрадиційним джерелам енергії - вітровим, сонячним, біогазовим енергетичним установкам. Такі системи виявляються актуальними об'єктами моделювання при оптимізації технологічних комплексів різноманітного виду, у тому числі житлових комплексів. Технологічна схема конкретного об'єкту подана на мал. 1.



Мал. 1. Схема матеріальних і енергетичних потоків ЖК. 1 - електрична енергія від зовнішнього джерела, 2 - вода від зовнішнього джерела, 3 - газ від зовнішнього джерела, 4 - сонячна енергоустановка, 5 - вітрова енергоустановка, 6 - газова енергоустановка, 7 - система повної біоочистки, 8 - система доочищення стічних вод, 9 - система відводу твердих відходів, 10 - генератор біогазу, 11 - генератор водню, 12 - система добування теплої води, 13 - система обробки та добування теплої води, 14 - тепличне господарство, ЖК - житловий комплекс;

- | | | | |
|-------|----------------------|-------|------------------------------------|
| ----- | - електрична енергія | ----- | - вода |
| | - вода технічна | ----- | - стічні води |
| | - вода пиття | ----- | - тверді відходи |
| | - вільний газ | ----- | - продукти тваринного господарства |

Для побудови моделі ЖК сформулюємо змістовна постановку задачі, яка полягає ось у чому. Хай задані потреби ЖК в продукції та послугах - вектор $\omega^{(1)}$ та обмеження на гранично допустимий склад забруднювачів (нормовальні) речовин - вектор $\omega^{(2)}$. Необхідно визначити оптимальні величини векторів матеріально-енергетичних потоків - $V^{(1)}$ і потоків відходів $V^{(2)}$ альтернативних технологій; оптимальні величини векторів розвитку простоту виробничої потужності агрегата у підсистемі виробництва - $U^{(1)}$, а також обробки відходів - $U^{(2)}$ так, щоб:

а) задовольнялось обмеження на випуск продукції типу $\geq \omega^{(1)}$ і сума витрат типу $\leq \omega^{(2)}$ з найменшими витратами, тобто досягалось мінімум за *економічним критерієм*, або б) г.) обмеження витрат досягалось найкраще наближенням як до величини $\omega^{(1)}$ за критерієм, який називають *критерієм комфортності*, так і до величини $\omega^{(2)}$ за критерієм, називають *екологічним*, чи в) необхідно знайти компромісно-оптимальне рішення за *трьма критеріями* - економічним, комфортності, екологічним. Компізі з трьох варіантів постановки задачі має практичне значення для оптимізації ЖК в реальних ситуаціях.

Відповідно до змістовної постановки задачі розроблено модель оптимізації. Для опису моделі оптимізації ЖК введено такі позначення. Нехай $i = \{i\}$ - множина видів енергетичних і матеріальних потоків (продукції); $S^{(1)} = \{s\}$ - множина технологічних маршрутів (засобів) виробництва продукції; $l = \{l\}$ - множина видів відходів; $S^{(2)} = \{p\}$ - множина технологічних маршрутів (способів) обробки відходів; $\Xi = \{\xi\}$ - множина видів нормованих речовин (домішок), для яких встановлено величини гранично допустимих складів (ГДС) речовин; $\Theta^{(1)} = \{\theta\}$ - множина агрегатів, які беруть участь у випуску продукції; $\Theta^{(2)} = \{\gamma\}$ - множина агрегатів, які беруть участь у обробці відходів.

Нехай $V^{(1)} = \{V_{is}^{(1)}\}$ - шукані величини потоків i -го виду продукції по s -му технологічному маршруту; $V^{(2)} = \{V_{lp}^{(2)}\}$ - шукані величини потоків l -го виду відходів по p -му технологічному маршруту; $Z^{(1)} = \{Z_{\theta}^{(1)}\}$ - задані величини існуючих

виробничих потужностей (пропускні властивості) θ -го агрегату у підсистемі виробництва; $Z^{(2)} = (Z_j^{(2)})$ - задані величини існуючих виробничих потужностей (пропускні властивості) Γ -го агрегату у підсистемі обробки відходів; $U^{(1)} = (U_e^{(1)})$ - шукані величини приросту виробничої потужності θ -го агрегату у підсистемі виробництва; $U^{(2)} = (U_j^{(2)})$ - шукані величини приросту існуючих виробничих потужностей Γ -го агрегату у підсистемі обробки відходів; $C_{\text{вд}}^{(1)}, C_{\text{вр}}^{(2)}$ - задані коефіцієнти експлуатаційних витрат; $C_{\text{вд}}^{(1)}, C_{\text{вр}}^{(2)}$ - задані коефіцієнти капітальних витрат; $\Omega^{(1)} = (\Omega_j^{(1)})$ - задані величини потреби у продукції; $\Omega^{(2)} = (\Omega_e^{(2)})$ - задані величини гранично допустимих скидів нормованих речовин; $\rho^{(1)} = (\rho_j^{(1)})$ - шукані величини нев'язок у блоці виробництва; $\rho^{(2)} = (\rho_e^{(2)})$ - шукані величини нев'язок у блоці обробки відходів.

Нехай $A^{(1)} = [a_{ij}^{(1)}, a_{jp}^{(2)}]$ - задані коефіцієнти витрат продукції i -го виду на випуск продукції j -го виду по ξ -му технологічному маршруту і витрат продукції i -го виду на обробку відходів j -го виду по p -му маршруту; $B = [b_{ij}^{(1,2)}]$ - задані коефіцієнти напроцанованих відходів i -го виду при виробництві однієї продукції i -го виду по ξ -му технологічному маршруту; $A^{(2)} = [a_{jp}^{(2)}]$ - задані коефіцієнти, які визначають скид нормованих речовин ξ -го виду при обробці відходів j -го виду по p -му маршруту; $D^{(1)} = [d_{i\theta}^{(1)}]$ - коефіцієнти витрат потужності θ -го агрегату при випуску i -ї продукції по ξ -му технологічному маршруту; $D^{(2)} = [d_{jp}^{(2)}]$ - коефіцієнти витрат потужності p -го агрегату при обробці j -го виду відходів по Γ -му маршруту.

В прийнятій позначеннях системи рівнянь та нерівностей, що складають основу моделі оптимізації ЖК, мають вигляд:

- баланс виробництва та споживання продукції

$$\sum_{j \in S^{(1)}} V_j^{(1)} - \sum_{j \in A} \sum_{i \in S^{(1)}} b_{ij}^{(1)} V_i^{(1)} - \sum_{j \in L} \sum_{p \in S^{(2)}} b_{jp}^{(2)} V_p^{(2)} + \rho^{(1)}_j \geq \omega^{(1)}_j, \quad j \in I, \quad (1)$$

- баланс відходів, що генеруються та оброблюються,

$$\sum_{i \in I} \sum_{s \in S^{(1)}} b_{is}^{(1,2)} V^{(1)}_{is} - \sum_{p \in S^{(2)}} V^{(2)}_{ip} = 0; \quad i \in L. \quad (2)$$

- баланс сандяних нормованих решівки та обмежень на їх сандя

$$\sum_{i \in L} \sum_{p \in S^{(2)}} g_{ip}^{(2)} V^{(2)}_{ip} - \rho^{(2)}_i \leq \omega^{(2)}_i; \quad \xi \in \Xi \quad (3)$$

- баланс використання виробничих потужностей агрегатів

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i \in I} \sum_{s \in S^{(1)}} a_{is}^{(1)} V^{(1)}_{is} - u^{(1)}_{\theta} \leq z^{(1)}_{\theta}; \quad \theta \in \Theta^{(1)}, \\ \sum_{i \in L} \sum_{p \in S^{(2)}} a_{ip}^{(2)} V^{(2)}_{ip} - u^{(2)}_r \leq z^{(2)}_r; \quad r \in \Theta^{(2)}. \end{array} \right. \quad (4)$$

- витрати, в окремому випадку, зведені

$$\alpha = f(V, u) = \sum_{i \in I} \sum_{s \in S^{(1)}} c_{is}^{(1)} V^{(1)}_{is} + \sum_{i \in L} \sum_{p \in S^{(2)}} c_{ip}^{(2)} V^{(2)}_{ip} + n(\sum_{\theta \in \Theta^{(1)}} u^{(1)}_{\theta} + \sum_{r \in \Theta^{(2)}} u^{(2)}_r), \quad (5)$$

Тут n - коефіцієнт зведення.

На базі системи (1-5) можуть бути сформульовані задачі оптимізації, які відповідають зведеній лише змістовій постановці.

а. Знайти значення $V^{*(1)}$, $V^{*(2)}$, $u^{*(1)}$, $u^{*(2)}$, які задовольняють обмеженням (1-4), при $\rho^{(1)} = 0$, $\rho^{(2)} = 0$, оптимальні за економічним критерієм виду

$$\alpha = f(V, u) \rightarrow \min. \quad (6)$$

б. Знайти значення $V^{q(1)}$, $V^{q(2)}$, $u^{q(1)}$, $u^{q(2)}$, $\rho^{q(1)}$, $\rho^{q(2)}$, які задовольняють обмеженням (1-4), а також обмеженню виду

$$f(V, u) \leq \alpha, \quad \alpha \in [0, \alpha^*], \quad \alpha^* = f(V^*, u^*); \quad (7)$$

оптимальні з критерієм комфортності та (або) екологічним критерієм часу

$$\beta = \varphi_1(\rho^{(1)}) \rightarrow \min, \gamma = \varphi_2(\rho^{(2)}) \rightarrow \min; \quad (8)$$

в. Знайти комплексно-оптимальне значення $V^{(1)}, V^{(2)}, U^{(1)}, U^{(2)}, \rho^{*(1)}, \rho^{*(2)}$ за трьома критеріями (6,8).

Перед з оптимізацією в роботі було розглянуто імітаційну модель ЖК. Основну увагу було приділено проблемі моделювання виробництва та споживання енергії з врахуванням випадкових факторів з метою ідентифікації процесу взаємозв'язку блоків "оптимізація-імітація". В основі моделі полягає розрахунок величини U_t , котру ми назвемо загіском енергії, та величини Δ_t , котру ми назвемо дефіцитом. Ці величини визначаються на кожному часовому кроці імітаційного моделювання $t = 1, 2, \dots, T$ (наприклад, t - номер години, T - кількість годин у році). Таким чином

$$U_t = U_{t-1} + \sum_{s \in S^{(1)}} V_{1st} - \sum_{j \in S^{(1)}} D_{1jst} V^{(1)}_{jst} - \sum_{l \in L \in S^{(2)}} D_{1l} V^{(2)}_{lst} + \omega^{(1)}_{1t} \geq 0, \quad (9)$$

При від'ємному значенні правій частині (9) величини U_t приймають отри- значення Δ_t . Значення $V_{1st}, V^{(1)}_{jst}, V^{(2)}_{lst}$ визначаються шляхом підсумовування значень $V^{(1)}_{1s}, V^{(1)}_{js}, V^{(2)}_{lp}$, здобутих при вирішенні задачі оптимізації та випадкових чисел ξ_1, ξ_2 , що генерують і які моделюють варіації виробництва та споживання енергії. Решту величин у (9) визначено заздалегідь; $\omega^{(1)}_{1t}$ - задана середня годинна потреба в енергії, $U_{t=0}$ - заданий з запас енергії на нульовому кроці моделювання.

Метою моделювання є визначення (в добовому та річному, сезонному, місячному розрізах) сукупності величин U_t, Δ_t ; розрахунок кількості тимчасових інтервалів з безперервним енергопостачанням - P^+ при $U_t \geq 0$ і - кількості тимчасових інтервалів з дефіцитом енергопостачання P^- ; розрахунок показника безперервності енергопостачання, як відношення безперервних ділянок до загальної кількості

інтервалів $\eta = \eta^+ / T$. Пов'язавши величину η із значним витрат, в т.ч. витрат на розвідку енергоконцесію, може бути здобута крива "внутрішньої швидкості (безперервності) енергопостачання", яка використовується ППР для аналізу і вистачного вибору рівня капіталоуладдів.

В третьому розділі розроблено та обгрунтовано метод і алгоритм багатокритеріальної (трикритеріальної) оптимізації для задачі оптимізації ЖК, а також розглянуто одну окрему задачу цілочисельного програмування, рішення якої використано для ранжування (визначення черговості) вводу природоохоронних об'єктів.

Нехай вирішено задачу оптимізації із одним критерієм (8) і системою обмежень (1-4) при $\rho^{(1)} = \rho^{(2)} = 0$, в результаті визначено рішення, які відповідають мінімальним витратам $\alpha^* \equiv K^*$ при повному задоволенні задачки обмежень $\geq \omega^{(1)}, \leq \omega^{(2)}$. Трансформуємо трикритеріальну задачу в двопараметричну однокритеріальну задачу з безрозмірними нечіткими $\rho^{(1)}, \rho^{(2)}$ і безрозмірними значеннями критеріїв $\alpha, \beta, \gamma \in [0,1]$. Задача в матричній формі має вид

$$\bar{\beta} = \{ \partial(\bar{\rho}^{(1)}) = 1 / N_1 e^T; \bar{\rho}^{(1)} \} \rightarrow \min_{\bar{\rho}} \quad (10)$$

$$\bar{A}^{(1)} x \begin{matrix} [v^{(1)}] \\ | \\ [v^{(2)}] \end{matrix} + \bar{\rho}^{(1)} \geq e_1; \quad (11.1)$$

$$Bv^{(1)} - E^{(2)}v^{(2)} = 0; \quad (11.2) \quad \bar{A}^{(2)}v^{(2)} + \bar{\rho}^{(2)} \leq e_2; \quad (11.3)$$

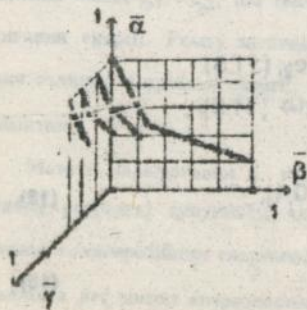
$$D^{(1)}u^{(1)} - u^{(1)} \leq z^{(1)}; \quad (11.4) \quad D^{(2)}u^{(2)} - u^{(2)} \leq z^{(2)}; \quad (11.5)$$

$$\bar{c}^{(1)}v^{(1)} + \bar{c}^{(2)}v^{(2)} - \bar{c}^{(1)}u^{(1)} + \bar{c}^{(2)}u^{(2)} = \bar{\alpha} \in [0,1]; \quad (12)$$

$$1 / N_2 p e^T \bar{\rho}^{(2)} = \gamma \in [0,1]; \quad (13)$$

Ту, $\bar{A}^{(1)}, \bar{A}^{(2)}$ - нормовані значення матриць $[E - A^{(1)}], A^{(2)}$ одержані в результаті переходу до безрозмірних величин невід'язок $\bar{p}^{(1)}, \bar{p}^{(2)}$ шляхом ділення (1) і (3) на відповідні компоненти $\omega^{(1)}, \omega^{(2)}$; \bar{c}_w, \bar{c}_u - здобуті шляхом ділення коефіцієнтів (5) на величину K^* ; N_{1p}, N_{2p} - кількість компонент у $\bar{p}^{(1)}, \bar{p}^{(2)}$ відповідно; e_1, e_2 - тристовковані одиничні вектори відповідних розмірностей; $E, E^{(2)}$ - ноль-одинажні матриці відповідних розмірностей.

Для виконання (10-13) запропоновано використати метод січних площин. З'ясуємо ряд значень $\bar{\alpha}$ з певним кроком, вирішимо серію задач параметричного програмування з параметром $\bar{\alpha}$, варіюваного також з деяким кроком, наприклад $\bar{\alpha} = 1, 0.9, 0.8 \dots 0$ (частка необхідних витрат K^*). Критерій оптимальності має вигляд (10). У результаті здобудемо сукупність рішень $\bar{\beta}^*$ і рішень V^*, U^* , які належать до множини Γ^* ретю, так як здійснено розв'язання серії взаємозворотних задач відносно критерію α , γ , трап формованих в обмеження. Результати розв'язання мають бути подані в безрозмірній та наглядній для ППР формах - графічній та табличній (малюнок 2) для вибору єдиного розв'язання в результаті неформальної процедури узгодженості між службами, які відповідальні за існуючий (α), соціальне забезпечення (β), охорону природних об'єктів (γ).



Мал. 2. Графічне і табличне уявлення результатів рішення.

$\bar{\alpha}$	1	0.95	..
0	$\bar{\beta}_{11}$	$\bar{\beta}_{12}$	
0.1	$\bar{\beta}_{21}$	$\bar{\beta}_{22}$..
			$\bar{\beta}_1$

Для автоматизації вибору єдиного розв'язання запропоновано алгоритм, що використовує метод послідовних відступлень і заданими початковими умовами (обмеженнями). На першому етапі компромісно-оптимальне рішення визначається для пари критеріїв α, β при фіксованому значенні γ , на другому етапі при фіксованому значенні $\bar{\alpha}^0$ визначаються значення $\bar{\beta}^0, \bar{\gamma}^0$. Ітераційний процес послідовних відступлень і критеріїв останова мають вид

$$\bar{\alpha}(h) = \bar{\alpha}(h-1) + v(h), \quad \bar{\beta}(h) = \bar{\beta}(h-1) + \mu(h), \quad (14)$$

$$|\bar{\alpha}(h) - \bar{q}(h)| \leq \epsilon, \quad (15)$$

де $h = 0, 1, 2, \dots$ - номер ітерації; $v(h), \mu(h)$ - крок відступлення (окремо $v(h) = \mu(h)$); $\bar{\alpha}(0), \bar{\beta}(0)$ - задані ЛПР початкові умови, \bar{q} - величина критерію α , що відповідає значенню $\bar{\beta}$ на Γ у кроці ітерації.

Фрагмент результатів розрахунків для реальних даних приведено в таблиці 1.

Таблиця 1

$\bar{\alpha}$	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55
$\bar{\beta}$	0	0,03	0,05	0,8	0,12	0,15	0,17	0,21	0,24	0,26
$\bar{\gamma}$	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2			
β	0,3	0,38	0,46	0,56	0,65	0,8	1,0			

Для наведених вищезгаданих даних в таблиці 1 при $\bar{\gamma} = 0, v(0) = \mu(0) = 0,1$ маємо: при $\bar{\alpha}(0) = 0, \bar{\beta}(0) = 0$ дістанемо $\bar{\alpha}^0 = 0,5, \bar{\beta}^0 = 0,3$; при $\bar{\alpha}(0) = 0,5, \bar{\beta}(0) = 0$ здобудемо $\bar{\alpha}^0 = 0,7, \bar{\beta}^0 = 0,17$. Таким чином, здобуті рішення суттєво залежать від початкових умов і не залежать від початкового значення кроку відступлення.

Для вирішення важливого завдання проєктування - визначення черговості вводу природоохоронних об'єктів (агрегатів) сформульована така задача

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

$$\alpha = \sum_{\theta \in N} c_{\theta} x_{\theta} \rightarrow \min; \gamma_1 = \sum_{\theta \in N} e_{\theta} y_{\theta} \rightarrow \max; \gamma = \sum_{\theta \in N} h_{\theta} x_{\theta} \rightarrow \max; \quad (16)$$

за умови цілочисельності та взаємозв'язку заданої мережової явду деяких агрегатів

$$x_{\theta} \in \{0, 1\}; \quad x_i \geq x_j, \quad i, j \in N^* \subset N; \quad (17)$$

де $\theta \in N$ - множина номерів агрегатів; c_{θ} - витрати (капітальні); e_{θ} - зниження скин-у нормованого (масштабованого) ресурсу (зв'язане до одного нормованого показника); h_{θ} - зниження тьоти за скин-ресурсами; $x_{\theta=1}$ - введення θ -го агрегату.

Для ранжирування (вибору) введення агрегатів запропоновано і обумовлено таке правило. За умови (17)

$$(c_{\theta}/v_{\theta} + c_r/b_r) < (c_k/b_k + c_q/b_q) \Rightarrow \{x_{\theta}, x_r\} \succ \{x_k, x_q\}; \quad \theta, r, k, q \in N \quad (18)$$

де знак \succ означає "краще".

В четвертому розділі наведені результати практичного застосування розроблених моделей та методів для конкретних об'єктів і задач.

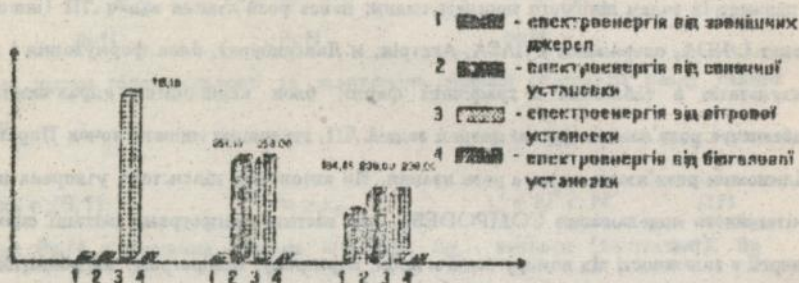
Виходячи з загальної структури моделі (1-9), визначено детальну модель ЖК для сукупності типів агрегатів, які вже застосовувалися практично застосування в тій чи іншій галузі вродного господарства. Для такої моделі визначено структуру нормативної бази, яка визначає коефіцієнти цільової функції - C_r, C_{ij} , величини правих частин обмежень - ω, Z , коефіцієнти матриць $A^{(1)}, A^{(2)}, B, D$. Сукупності конкретних кількісних значень показників нормативної бази були здобуті шляхом аналізу техніко-економічних характеристик різних агрегатів, які виробляють у СНД та за кордоном - вітроенергетичних (ВЕУ), сонячних енергоустановок (СЕНУ), біогазових установок (БГУ), малих очисних споруд (МОС) та інших агрегатів. Внаслідок створено інформаційну базу, що включає абсолютні і відносні техніко-економічні показники для оптимізаційної та імітаційної моделей (1-8) і (9).

Для автоматизації проектування ЖК розроблено програмний комплекс (ПК) - WELCOME для ПЕОМ типу ІВМ РС/АТ 386 мовою Паскаль. ПК включає

верифікацію користувача; блок вводу, перевірки виклику даних і формування структури і параметрів задач лінійного програмування; пакет розв'язання задач ЛП (використано пакет LONDA, одержаний з IASA, Австрія, м.Лаксенбург), блок формування і подання результатів в табличній і графічній формі; блок верифікація управлінська, який забезпечує розв'язання параметричної задачі ЛП, генерацію множини точок Парето, вибір підмножини розв'язків, єдиного розв'язання. Як автономна підсистема утворена програма імітаційного моделювання COMPOSESS, яка містить підпрограми імітації споживання енергії в залежності від номеру години доби, пори року, підпрограму виробництва енергії ВЕУ, СЕУ, БГУ в залежності від номеру години доби, пори, метеумов, місяця розташування ЖК.

Дослідження і аналіз ефективності моделі, методу, алгоритму та ПК "WELCOME" вміщували: а) тестування ПК шляхом порівняння результатів з "еталоном", здобутим на ЕС 1060 (пакет ЛП в АСУ); врішення базової задачі оптимізації ЖК для типу то маючого селяща; б) дослідження чутливості рішень при варіації параметрів моделі (показана висока стійкість моделі); г) дослідження варіації вибору оптимальних засобів виробництва енергії при поступовому обмеженні зверху і потужність ВЕУ, СЕУ, БГУ; побудова очок ямок на Парето для базової задачі, вибір підмножини розв'язків, одноразового розв'язання; е) імітаційне моделювання функціонування підсистеми енергетики ЖК.

На мал. 2 подані результати розрахунків (критерій - мінімум витрат) при різноманітних обмеженнях зверху на потужність джерела електроенергії. Як видно на мал. 2, найбільш вигідним джерелом енергії (при даному ціновому співвідношенні) є ВЕУ, потім СЕУ, зрештою джерело. Таким чином, надається можливість варіації типів агрегатів при проектуванні і їх раціоналізації по ефективності використання у ЖК.



Мед. 2. Фрагмент результатів розрахунків.

Розроблений метод вибору (ранжирування) черговості природоохоронних об'єктів був успішно застосований для формування програми, яка включає більш ніж 150 крупних водоохоронних об'єктів Донецько-Придніпровського регіону, Донбасу, Запорізької та Дніпропетровської областей. У результаті були сформульовані першочергові заходи, введення в дію яких необхідно розпочати з 1994 р., або здійснити робоче проектування споруд з розрахованими параметрами ефективності - величинами гранично допустимих скидів шкідливих речовин.

ВИСНОВКИ

Сукупність результатів, які отримані у дисертації, являє собою вирішені актуальні і задачі оптимізації виробничих і природоохоронних об'єктів житлового комплексу, котра має важливе народногосподарське значення для автоматизації і оптимізації проектування об'єктів енерго- і водопостачання, обробки і утилізації відходів, очистки стічних вод як населених пунктів, так і промислових об'єктів з метою охорони навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів.

Основні результати дисертації полягають ось у чому.

1. Для вирішення задачі автоматизації і оптимізації проектування екологічно обгрунтованих житлових комплексів (ЖК) розроблено і теоретично обгрунтовано

клас моделей багатокритеріальної оптимізації технологій виробництва, обробки і утилізації відходів ЖК.

2. З метою оцінки і підвищення надійності прийнятих рішень при оптимізації параметрів розроблено модель імітації підсистеми енергопостачання ЖК з альтернативними джерелами енергії.

3. Запропоновано і обгрунтовано систему критеріїв оптимізації ЖК, яка включає клас економічних критеріїв, екологічних критеріїв і соціальних критеріїв (критеріїв комфортності). Розроблено і теоретично обгрунтовано метод та алгоритм багатокритеріальної (трикритеріальної) оптимізації, яка базується на способі вирішення складної взаємозв'язаної задачі, яка породжується моделлю оптимізації екологічно обгрунтованого ЖК.

4. Для вирішення актуальної задачі розробки планів, програм і проєктів природоохоронних заходів запропоновано і обгрунтовано метод багатокритеріальної оптимізації для вирішення окремої задачі цілочисельного програмування з метою ранжирування - вибору черговості введення природоохоронних об'єктів.

5. Практична цінність результатів дисертації визначається тим, що вони є основою для вирішення важливої не-однозначної задачі автоматизації і оптимізації пр. ктування технологічних об'єктів виробництва і природоохоронних об'єктів як єдиного цілого в комунальному господарстві, енергетиці та інших галузях. Розроблені оптимізаційні та імітаційні моделі і алгоритми багатокритеріальної оптимізації можуть бути використані для техніко-економічного, екологічного обгрунтування та автоматизації проектування нових і реконструкції існуючих систем енерго- і теплопостачання, обробки та утилізації відходів житлових комплексів, а також технологічних комплексів інших типів. На основі розроблених моделей та алгоритмів було створено два програмних комплекси для персональних комп'ютерів класу IBM і С/АТ. Реалізація і впровадження результатів дисертації здійснено відповідно до програми НІР ДКНТ України, Мікротехніки України, виконаних

Україно, а також згідно з господарськими договорами для ряду об'єктів, в тому числі об'єктів Донецько-Придніпровського регіону.

ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Сухоруков Г.А., Капаніна Ю.И. Модели оптимизации параметров экологически обоснованного жилого комплекса. // Основы управления охраной вод: Сб. науч. тр. ВНИИВО. Харьков, 1990. с. 82 - 88.
2. Сухоруков Г.А., Капаніна Ю.И. Оптимизация жилого комплекса по экологическим и экономическим критериям. // Комплексные водоохранные мероприятия: Сб. науч. тр. ВНИИВО. Харьков, 1990. с. 82 - 88.
3. Капаніна Ю.И., Сухоруков Г.А. Ноосфера и современные технологии - Об-во "Знание" Украины, Киев, 1991, 23 с.
4. Капаніна Ю.И. Моделирование и оптимизация жилых комплексов по экологическим критериям // Анализ и моделирование эколого-экономических систем: тез. докл. Всесоюз. школы-семинара (12-18 июля, бухта Песчанья), АН СССР, Сиб. отд., Иркутский вычислительный центр, Иркутск, 1991.
5. Сухоруков Г.А., Капаніна Ю.И. Система экологического нормирования // Всесоюз. конф. "Методология экологического нормирования" (Харьков, 18-20 апреля 1990 г.) Секция 1, часть 1. Тез. докл. / ВНИИВО, 1990.

РЕЗЮМЕ

В диссертации рассмотрена проблема автоматизации и оптимизации проектирования экологически обоснованных жилых комплексов (ЖК), удовлетворяющих современным требованиям охраны природной среды и рационального использования природных ресурсов. Для таких комплексов важнейшей задачей является оптимизация проектирования производственных подсистем ЖК - экологически безопасных энергетических систем, использующих в том числе солнечную и ветровую энергию, систем водоснабжения, высокоэффективных систем обработки и утилизации отходов ЖК. Исходя из этого, актуальной является проблема создания математических моделей оптимизации проектирования экологически безопасных ЖК. Особенностью таких моделей является наличие специфических ограничений и нескольких критериев оптимальности, отражающих стоимостные показатели развития и эксплуатации производственных подсистем ЖК (экономические критерии), социальные показатели, определяющие степень удовлетворения потребностей населения ЖК в продукции и услугах (критерии комфортности), экологические показатели, определяющие, в частности,

степень удовлетворения ограничений на выбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду (экологические критерии).

Целью исследования диссертации является разработка, теоретическое обоснование и практическое применение моделей оптимизации и имитации экологически обоснованного жилого комплекса, методов многокритериальной оптимизации для технико-экономического, экологического обоснования и проектирования систем энерго- и водоснабжения, систем обработки и утилизации отходов жилого комплекса.

Совокупность результатов, полученных в диссертации, представляет собой решение актуальной задачи оптимизации производственных и природоохраняемых объектов, имеющей важное народнохозяйственное значение для автоматизации оптимизации проектирования объектов энерго- и водоснабжения, обработки и утилизации отходов, очистки сточных вод как населенных пунктов, так и промышленных объектов с целью охраны окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов.

Основные результаты диссертации... состоят в следующем.

1. Для решения задачи автоматизации оптимизации проектирования экологически обоснованных жилых комплексов (ЖК) разработан и теоретически обоснован класс моделей многокритериальной оптимизации технологий производства, обработки и утилизации отходов ЖК.

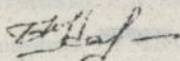
2. С целью оценки и повышения надежности принимаемых решений при оптимизации параметров разработана модель имитации подсистемы энергоснабжения ЖК с альтернативными источниками энергии.

3. Предложена и обоснована система критериев оптимизации ЖК, включающая класс экономических, экологических критериев и социальных критериев (критериев комфортабельности). Разработан и теоретически обоснован метод и алгоритм многокритериальной (трехкритериальной) оптимизации, базирующийся на способе

решения сложной взаимобратной задачи, порождаемой моделью оптимизации экологически обоснованного ЖК.

4. Для решения актуальной задачи разработки планов, программ и проектов природоохранных мероприятий предложен и обоснован метод многокритериальной оптимизации для решения частной задачи нелинейного программирования с целью ранжирования - выбора очередности вида природоохранных объектов.

5. Практическая ценность результатов диссертации определяется тем, что они являются основой для решения важной народнохозяйственной задачи автоматизации и оптимизации проектирования технологических объектов производства и природоохранных объектов, как единого целого, в коммунальном хозяйстве, энергетике и других отраслях. Разработанные оптимизационные и имитационные модели и алгоритмы многокритериальной оптимизации могут быть использованы для технико-экономического, экологического обоснования и оптимального проектирования новых и реконструкции существующих систем энерго- и водоснабжения, обработки и утилизации отходов жилых комплексов, а также технологических комплексов других типов. На основе разработанных моделей, методов и алгоритмов было создано два программных комплекса для персональных компьютеров (класса IBM PC). Реализация и внедрение результатов диссертации осуществлены в соответствии с программой НИР ГИИТ Украины, Минприроды Украины, выполненными УкрНИЦОВ, а также в соответствии с хозяйственными договорами для ряда объектов, в т.ч. объектов Донецко-Приднепровского региона.



Підписано до друку 17.05.94р.
Тираж 100 пр. Об'єм 1,5 д.а. Уч. -друк,а. 1,15
безплатно Формат паперу 60x84 Зам. 2/545

Друкарня ХБУ, вул. Сумська, 77/79

458H

1158

AB 30.474

AB 30.474