

**І. М. РЯБЧЕНКО**  
**М. Ю. КАРПЕНКО**  
**Т. М. РЯБЧЕНКО**

Харківський інститут МАУП

**С. О. СВИРИДОВ**

Харківська національна академія міського господарства

## **УЗГОДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ СПРВ У ШТАТНИХ СИТУАЦІЯХ НА ТРИВАЛОМУ ІНТЕРВАЛІ ЧАСУ**

Наукові праці МАУП, 2008, вип. 1(17), с. 46–48

*Розглядається можливість приведення всієї множини критеріїв, що використовуються при оцінюванні оптимальності управління системами подачі й розподілу води (СПРВ) у штатних ситуаціях на тривалому інтервалі часу, до єдиної одиниці вимірювання. За одиницю вимірювання запропонована економічна одиниця розмірності. Таке приведення до єдиної розмірності дає змогу значно спростити процедуру побудови математичної моделі досліджуваної задачі.*

При виборі раціональної стратегії управління поточкорозподілом систем подачі й розподілу води використовують безліч критеріїв [4], які умовно поділяють на три групи [3]: економічні, технологічні та критерії оцінки надійності. Всі вони вимірюються в різних одиницях: економічні критерії — у грошовому еквіваленті, технологічні — у фізичних величинах (метри в секунду, метри, безрозмірні та ін.), критерії оцінки надійності — за допомогою характеристик вірогідності (відсотки). Ця обставина призводить до того, що безліч критеріїв неможливо зіставити через різну їх природу і різні одиниці вимірювання. Тому математична модель управління СПРВ складна і має вигляд задачі узагальненого математичного програмування [3–5]. Як рішення цієї задачі використовується одна з модифікацій багатокрокової схеми з різними інформаційними структурами. За своєю суттю алгоритм вирішення дуже складний, має ознаки евристичного рішення, при цьому якість рішення задачі здебільше залежить від кваліфікації та досвіду особи, яка приймає рішення (ОПР), або групи ОПР, якщо алгоритм задачі припускає групову перевагу ОПР.

Узгодження критеріїв (приведення до єдиної системи вимірювання) дає змогу, по-перше, значно спростити процедуру формування математич-

ної моделі, по-друге, застосовувати стандартні алгоритми рішення задачі, а не розробляти складні евристичні процедури.

Ця проблема досліджується в рамках тематичного плану науково-дослідних робіт Міжрегіональної Академії управління персоналом з напрямку І.1 01.05 “Інформатика та кібернетика”. Код завдання І.1.01.05.02, І.1.01.05.04 “Розвиток методів та програмного забезпечення для розв’язання задач математичного моделювання та оптимального управління” і пов’язана з практичними завданнями виробничих управлінь водопровідно-каналізаційних господарств (ВУВКГ) України.

На сьогодні відомі цікаві розробки, пов’язані з ранжируванням критеріїв на підставі інтервальної інформації про важливість критеріїв [1], в якій передбачається, що критерії є безрозмірними величинами. Цікавий підхід формування сценаріїв розвитку об’єкта методами імітаційного моделювання запропонований у [2]. Поширені також методи рішення задачі узагальненого математичного програмування [5], що базуються на парних бінарних порівняннях. Проте варто зазначити, що проблема узгодження безлічі критеріїв, що описують фізичні процеси у системах подачі і розподілу води [3; 4], сьогодні “відкрита”.

Як відомо з [3; 4], при рішенні задач раціонального управління системами подачі й розподілу води у штатних режимах роботи на різних інтервалах часу використовують безліч критеріїв. Ця множина визначається шляхом використання різних формальних процедур [4]: когнітивних карт, експертних (мініекспертних) систем, сценаріїв, що ґрунтується на формальних граматиках.

Так, при управлінні СПРВ у штатних ситуаціях на тривалому інтервалі часу цю множину можна уявити наступною групою критеріїв:

1. Енергетичні витрати в СПРВ – вимірюються в метрах на літри в секунду:

$$Z_1(x) = \sum_{i \in L} h_i^{(a)} q_i^{(a)}. \quad (1)$$

2. Сумарна непродуктивна витрата в мережі – вимірюється в літрах в секунду:

$$Z_2(x) = \sum_{i \in N} 0,0065(h_i - h_i^+) q_i. \quad (2)$$

3. Сумарні капітальні та експлуатаційні витрати – вимірюються у грошовому еквіваленті (гривня, умовні одиниці):

$$Z_3(x) = \sum_{i \in M} A_i D_i^\alpha + \sum_{i \in L} B_i h_i^{(a)} q_i. \quad (3)$$

4. Критерій надійного функціонування водорозподільних мереж – обчислюється на деякому інтервалі часу  $\Delta t$  і вимірюється у відсотках:

$$Z_4(x) = \frac{1}{Th_i} + \sum_{t=1}^T \varphi_i[h_{ii}](h_i^+ - h_{ii}) \Delta t. \quad (4)$$

5. Критерій, що визначає ефективність функціонування системи водопостачання на деякому відрізку часу  $[0, T]$ , – вимірюється у відсотках:

$$Z_5(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^T \left( \frac{1}{Th_i} + \sum_{i=1}^T \varphi_i[h_{ii}](h_i^+ - h_{ii}) \Delta t \right). \quad (5)$$

Таким чином, як основу механізму вибору якнайкращого рішення можна розглядати мінімізацію критеріїв, що обчислюються в дискретні моменти часу, і оптимізацію інтегральних критеріїв, що обчислюються на деякому проміжку часу  $[0, T]$ .

Як відомо, незалежно від способу формування набір критеріїв у багатокритеріальній задачі має задовольняти вимогам повноти, операційності, розкладності, ненадмірності, мінімальності. Ці критерії мають різні одиниці вимірювання, проте шляхом введення функції штрафу (або штрафних санкцій за відхилення від нормативних показників) їх можна привести до єдиної одиниці вимірювання – грошового еквівалента.

Розглянемо технологію введення штрафів. Перший показник (енергетичні витрати) має технологічний характер і є скалярним добутком сумарного тиску на насосних станціях на сумарну витрату на насосних станціях. Зазвичай існують нормативні значення економічних режимів роботи насосних станцій, що обслуговують СПРВ, тому відхилення від цих нормативних значень можна оцінити штрафними або преміальними показниками, вираженими у грошовому еквіваленті.

Другий показник (витоки, або непродуктивна витрата в мережі) є важливим економічним і технологічним показником, що характеризує якість управління СПРВ. Витоки є сумою витрат води, яка подається споживачеві понад потреби (вилита в систему каналізації) за рахунок нераціональної роботи насосних станцій (перевищення тиску на насосних станціях), витрат води, втраченої через неякісні з'єднання водоводів і труб, непродуктивних витрат унаслідок вибору нераціональної стратегії локалізації та усунення аварійної ситуації. Тому цей показник може бути оцінений як інтегральний (відхилення від середніх нормативів), так і диференціальний (відхилення кожного з показників).

Четвертий і п'ятий показники (надійне функціонування мереж та ефективність системи водопостачання) визначають миттєві та інтегральні показники постачання споживачам цільового продукту (води). Оскільки кожний споживач оплачує послуги з кінцевого результату – наявності води в будинку в потрібній кількості і під необхідним тиском, то ці показники необхідно привести до грошового еквівалента шляхом введення штрафів (або пільг) за відхилення від встановлених норм.

Таким чином, критерії, за допомогою яких описана модель управління СПРВ на тривалому інтервалі часу, можна узгодити шляхом їх вираження через єдині грошові еквіваленти (гривня, умовні одиниці), які визначають або ціну заходу, або ціну штрафу за не оптимально реалізовану стратегію управління.

У зв'язку з цим необхідно розробити нормативи штрафних санкцій:

- за неякісну структурно-параметричну модель мережі (неоптимальне розташування запірної арматури на мережі, яке не дає можливості поділити елементи мережі на локалізуючі компоненти – локалізуючий гіперграф і замикаюча множина);

- за неоптимальне управління, що призвело до збільшення (вище нормативного) часу локалізації та ліквідації аварійної ситуації;
- за вибір нераціональної стратегії управління, що призвело до зростання (вище нормативного) тиску в мережі, внаслідок чого збільшилися непродуктивні витрати (витоки в мережі) або ж неякісне обслуговування споживачів водорозподільної мережі.

Це дослідження має перспективу — запропонований підхід можна застосовувати для широкого кола об'єктів.



### Література

1. Петров Э. Г., Гребенник И. В., Колесник Л. В. Ранжирование альтернативных решений на основе интервальной информации о важности характеристик // Вестн. Херсон. гос. техн. ун-та. — 2005. — №1(21). — С. 42–47.

2. Петров Э. Г., Новожилова М. В., Гребенник И. В., Соколова Н. А. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах: Учеб. пособие / Под общ. ред. Э. Г. Петрова. — Херсон: ОЛДИ-плюс, 2003. — 380 с.

3. Рябченко И. Н. Моделирование процессов потоко-распределения в системах подачи и распределения воды с использованием ПЭВМ. — Харьков: ДСВ “Основа” при Харьков. ун-те, 1998. — 188с.

4. Рябченко І. М. Автоматизоване управління потоко-розподілом систем подачі й розподілу води у штатних та аварійних режимах роботи: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук (05.13.06) / Херсон. нац. техн. ун-т. — Херсон, 2003. — 35 с.

5. Юдин Д. Б. Вычислительные методы теории принятия решений. — М.: Наука, 1989. — 317с.

*Рассматривается возможность приведения всего множества критериев, используемых при оценке оптимальности управления системами подачи и распределения воды в штатных ситуациях на продолжительном интервале времени, к единой единице измерения. В качестве единицы измерения предложена экономическая единица размерности. Подобное приведение к единой размерности позволит значительно упростить процедуру построения математической модели исследуемой задачи.*

*In the article the possibility of “adduction” of all great number of the criteria used for estimation of optimum of management by the systems of serve and distributing of water in the state situations on a long time domain is considered, to single unit of measuring. As unit of measuring economic unit of dimension is offered. It is shown, that a similar adduction to the single dimension, will allow considerably to simplify procedure of construction of mathematical model of the explored task.*

**Надійшла 19 липня 2007 р.**