

УДК 519.17:628.17 (628.153)

И.Н. Рябченко, В.В. Гагарин, С.А. Свиридов

Харьковский институт Межрегиональной академии управления персоналом

## СОГЛАСОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ СЕТЯМИ В ШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ

В статье рассматривается возможность приведения всего множества критериев оценки потокораспределения в системах подачи и распределения воды (СПРВ), используемых при анализе оптимальности режима управления потокораспределением СПРВ на продолжительном интервале в штатных ситуациях к единой единице измерения (шкале измерения). Анализ всего множества критериев подтверждает, что все они измеряются в различных величинах: экономических (рубли, гривна, условные единицы и т.д.), физических (метры в секунду), вероятностных и др. В статье предлагается метод их приведения к единой метрике измерений – экономической. Такая процедура позволит применять известные методы многокритериальной оптимизации к решению сложной задачи многокритериального управления режимами СПРВ в штатных ситуациях.

**Ключевые слова:** потокораспределение, многокритериальная задача, критерий оценки, механизм выбора, штрафная функция, системы подачи и распределения воды.

### Введение

**Формулировка проблемы.** При выборе рациональной стратегии управления потокораспределением систем подачи и распределения воды (СПРВ) используют множество критериев [1], которые условно разделяют на три группы [2]: экономические, технологические и критерии оценки надежности. Все они измеряются в разных единицах – экономические критерии в денежном эквиваленте, технологические в физических величинах (метры в секунду, метры, безразмерные и т.д.), критерии оценки надежности – с помощью вероятностных характеристик (проценты). Это обстоятельство приводит к тому, что множество критериев невозможно «свернуть» из-за различной их природы и единиц измерения.

Поэтому математическая модель управления СПРВ сложна и представляется в виде задачи обобщенного математического программирования [1 – 3] и в качестве решения этой задачи используется одна из модификаций многошаговой схемы с различными информационными структурами.

По своей сути алгоритм решения очень сложен, имеет признаки эвристического решения и качество решения задачи в большой степени зависит от квалификации и опыта лица, принимающего решения (ЛПР) или группы ЛПР, в случае если алгоритм задачи предполагает групповое предпочтение ЛПР.

Согласование критериев (приведение к единой системе измерения) позволит, во-первых, значительно упростить процедуру формирования математической модели, во-вторых, применять стандартные алгоритмы решения задачи, а не разрабатывать сложные эвристические процедуры.

**Анализ последних исследований.** В настоящее время появились интересные разработки, связанные с

ранжированием критериев на основе интервальной информации о важности критериев [4], в которой предполагается, что критерии являются безразмерными величинами. Интересен подход формирования сценариев развития объекта методами имитационного моделирования, предложенный в [5]. Получили развитие методы решения задачи обобщенного математического программирования [3], базирующиеся на парных бинарных сравнениях. Однако, проблема согласования множества критериев, описывающих физические процессы, протекающие в системах подачи и распределения воды [1, 2], сегодня «открыта».

**Цели статьи и формулировка задачи исследования.** В статье предлагается подход, позволяющий согласовать множество критериев, описывающие процесс функционирования СПРВ на длительном интервале времени, путем «приведения» единицы измерения всего множества критериев к единой единице измерения – экономической. Это позволит использовать известные методы и алгоритмы решения многокритериальной задачи для выбора оптимальной стратегии управления СПРВ на длительном интервале времени.

### Изложение основного материала исследований

Как показано в [1, 2] при решении задач рационального управления системами подачи и распределения воды в штатных режимах работы на различных интервалах времени, используют различное множество критериев. Это множество определяется путем использования различных формальных процедур [1] – когнитивных карт, экспертных (мини экспертных) систем, сценариев, основанных на формальных грамматиках.

Так, при управлении СПРВ в штатных ситуациях на длительном интервале времени это множество можно представить следующей группой критериев:

1. Энергетические затраты в СПРВ, измеряются в метрах на литры в секунду

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

2. Суммарный непроизводительный расход в сети, измеряется в литрах в секунду

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

3. Суммарные капитальные и эксплуатационные затраты, измеряются в денежном эквиваленте (гривня, условные единицы)

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

4. Критерий надежного функционирования водораспределительных сетей, который вычисляется на некотором интервале времени  $\Delta t$  и измеряется в процентах

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

5. Критерий, определяющий эффективность функционирования системы водоснабжения на некотором отрезке времени  $[0, T]$  и измеряется в процентах

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

Таким образом, в качестве основы механизма выбора наилучшего решения, можно рассматривать минимизацию критериев  $Z_1(x)$ ,  $Z_2(x)$ ,  $Z_3(x)$ , которые вычисляются в дискретные моменты времени и оптимизацию интегральных критериев  $Z_4(x)$ ,  $Z_5(x)$ , вычисляемых на некотором промежутке времени  $[0, T]$ .

Как известно [1 – 3, 5], независимо от способа формирования, набор критериев в многокритериальной задаче должен удовлетворять требованиям полноты, операциональности, разложимости, избыточности, минимальности.

Эти критерии имеют различные единицы измерения, однако, путем введения функции штрафа (или штрафных санкций за отклонение от нормативных показателей) их можно привести к единой единице измерения – денежному эквиваленту.

Рассмотрим технологию введения штрафов. Первый показатель имеет технологический характер и представляет собой скалярное произведение суммарного напора на насосных станциях на суммарный расход на насосных станциях.

Существуют нормативные значения экономических режимов работы насосных станций, обслужи-

вающих СПРВ, поэтому отклонение от этих нормативных значений должно быть оценено штрафными или премиальными показателями, выраженными в денежном эквиваленте.

Второй показатель – утечки или непроизводительный расход в сети является важным экономическим и технологическим показателем, характеризующим качество управления СПРВ. Утечки представляют собой сумму расходов на воду, которая отпущена потребителю сверх потребностей (вылита в водоотводящую систему) за счет нерациональной работы насосных подающих станций (превышение напоров на насосных станциях), на расходы воды, потерянные вследствие некачественных соединений водоводов и труб и на непроизводительные расходы вследствие выбора нерациональной стратегии локализации и устранения аварийных ситуаций. Поэтому этот показатель может быть оценен как интегрально (отклонение от средних нормативов) так и дифференциально (отклонение по каждому из показателей).

Четвертый и пятый показатели определяют мгновенные и интегральные показатели снабжения потребителей целевым продуктом (водой). Так как каждый потребитель оплачивает услуги по конечному результату – наличию воды в доме в нужном количестве и под требуемым напором, то эти показатели необходимо привести к денежному эквиваленту путем введения штрафов (или льгот) за отклонение от установленных норм.

Таким образом, согласование критериев, с помощью которых описана модель управления СПРВ на длительном интервале времени, возможно, путем их выражения через единые денежные эквиваленты (гривна, условные единицы), которые определяют или цену мероприятия, или цену штрафа не оптимально реализованную стратегию управления.

### Выводы исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении

В статье продемонстрировано, что множество критериев, используемых при управлении СПРВ на длительном интервале времени, которые носят различный характер и описываются различными единицами измерения могут быть согласованы, т.е. сведены к единой единице измерения – денежному эквиваленту (гривна, условные единицы). Для этого необходимо разработать нормативы штрафных санкций:

- за некачественную структурно-параметрическую модель сети (неоптимальное расположение запорной арматуры на сети, которое не позволяет произвести «качественное разбиение элементов сети на локализирующие компонен-

ты (локализирующий гиперграф) и замыкающее множество);

- за не оптимальное управление, приведшее к увеличению (выше нормативного) времени локализации и ликвидации аварийных ситуаций;

- за выбор нерациональной стратегии управления, приведшей к увеличению (выше нормативного) напора в сети, что повлекло за собой увеличение непроизводительного расхода (утечек в сети) или некачественное обслуживание потребителей водораспределительной сети.

К перспективам исследований следует отнести возможность распространения предложенного подхода для широкого круга объектов.

### Список литературы

1. 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 / Рябченко Ігор Миколайович; Херсонський національний технічний університет. – Херсон, 2003. – 35 с.

2. Рябченко И.Н. Моделирование процессов потокораспределения в системах подачи и распределения воды с использованием ПЭВМ. / И.Н. Рябченко. – Х.: ДСВ Основа при Харьковском ун-те, 1998. – 188 с.

3. Юдин Д.Б. Вычислительные методы теории принятия решений / Д.Б. Юдин. – М.: Наука, 1989. – 317 с.

4. Петров Э.Г. Ранжирование альтернативных решений на основе интервальной информации о важности характеристик / Э.Г. Петров, И.В. Гребенник, Л.В. Колесник // Вестник Херсонского государственного технического университета. – Херсон: ХГТУ, 2005. – №1(21). – С. 42-47.

5. Петров Э.Г. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах. Учебное пособие / Э.Г. Петров, М.В. Новожилова, И.В. Гребенник, Н.А. Соколова; под об. ред. Э.Г. Петрова. – Херсон: ОЛДИ-плюс, 2003. – 380 с.

Поступила в редколлегию 23.02 2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Г. Руденко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### УЗГОДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ПІД ЧАС УПРАВЛІННЯ ВОДОРІЗПОДІЛЬНИМИ МЕРЕЖАМИ В ШТАТНИХ СИТУАЦІЯХ

І.М. Рябченко, В.В. Гагарін, С.О. Свіридов

*У статті розглядається можливість приведення всієї множини критеріїв оцінки потоко-розподілу у системах подачі й розподілу води (СПРВ), які використовуються при аналізі оптимальності обраного режиму управління потоко-розподілом СПРВ на тривалому інтервалі часу в штатних ситуаціях до єдиної одиниці виміру (шкали виміру). Аналіз всієї множини критеріїв доводить тезу, що всі вони мають в різних одиницях виміру: економічних (карбованець, гривня, умовна одиниця), фізичних (метри за секунду), вірогідні та інші. В статті запропонований метод, який дозволяє привести їх до єдиної метрики виміру - економічній. Така процедура дозволить застосовувати відомі методи багатокритеріальної оптимізації до вирішення складної задачі багатокритеріального управління режимами СПРВ в штатних ситуаціях.*

**Ключові слова:** потоко-розподіл, багатокритеріальне завдання, критерій оцінки, механізм вибору, штрафна функція, системи подачі і розподіл води.

### CONCORDANCE OF CRITERIA OF ESTIMATION DURING THE MANAGEMENT BY WATER-DISTRIBUTOR NETWORKS IN THE STATE SITUATIONS

I.M. Ryabchenko, V.V. Gagarin, S.O. Sviridov

*In the article the possibility of adduction of all great number of criteria of estimation of water feeding the system of water feeding and distributing of water (SWFD), used for the analysis of optimum of the mode of the of water feeding SWFD control on a long interval in the state situations to single unit of measuring, is considered (to the scale of measuring). The analysis of all great number of criteria confirms that all of them are measured in different sizes: economic (roubles, hryvnya, conditional units and etc), physical (meters in a second), probabilistic and dr. In the article the method of their adduction is offered to the single birth-certificate of measuring – economic. Such procedure will allow to apply the known methods of multicriterion optimization to the decision of intricate problem of multicriterion management by the SPRV modes in the state situations.*

**Keywords:** streamdistributing, multicriterion task, criterion of estimation, mechanism of choice, penalty function, systems of serve and distributing of water.