

УДК 004.021

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В АЛГОРИТМЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ МНОГОКОНТУРНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

### DEFINITION OF TIME OF DECISION-MAKING IN ALGORITHM OF MANAGEMENT OF SYSTEM OF MULTIPLE LOOP HEAT SUPPLY

С.С. Федоров  
S.S. Fedorov

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: ssfedorov@list.ru

**Аннотация.** В предлагаемой статье рассмотрен алгоритм управления системой многоконтурного теплоснабжения зданий и сооружений при зависимом присоединении к источнику тепла. Полученный алгоритм позволяет перераспределять тепловую энергию по контурам, в зависимости от текущей температуры на конкретном контуре, что дает возможность оптимизировать затраты высокостойкого теплоносителя и эффективнее поддерживать заданную температуру в отапливаемых помещениях. Представлена в общем виде блок-схема проанализированного алгоритма. Определен интервал времени принятия решения по перераспределению тепловых потоков в системе теплоснабжения. По результатам проведенного анализа получены границы исследуемых интервалов времени. Построен график зависимости времени принятия решения от параметров системы.

**Resume.** In the offered article the algorithm of management of system of multiple loop heat supply of buildings and constructions at dependent accession to heat source is considered. The received algorithm allows to redistribute thermal energy on contours, depending on the current temperature on a concrete contour that gives the chance to optimize expenses of the high-cost heat carrier and more effectively to maintain the given temperature in the heated rooms the flowchart of the analysed algorithm is presented in a general view. The decision-making time slice is determined by redistribution of heat fluxes in system of heat supply. By results of the carried-out analysis borders of the studied time slices are received. The schedule of dependence of time of decision-making on parameters of system is constructed.

**Ключевые слова:** система управление, алгоритм, математическая модель, ресурсосбережение, принятие решения.

**Keywords:** system management, algorithm, mathematical model, resource-saving, decision-making.

## Введение

Реализация Государственных программ РФ в области энергосбережения и повышение энергетической эффективности требует разработки и внедрения методов оптимального управления [1-2] тепловыми потоками в системах теплоснабжения. Одним из вариантов повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения (СТ) является разделение на отдельные контуры [3]. Многоконтурная система позволяет снизить затраты энергоресурсов на отопление объектов и повысить комфортные условия для человека за счет учета возмущающих воздействий (температура наружного и внутреннего воздуха, ветер, солнечная активность) и регулирования параметров теплоносителя на каждом контуре. Повышение показателей энергетической эффективности приводит к увеличению срока службы зданий и сооружений [4-5].

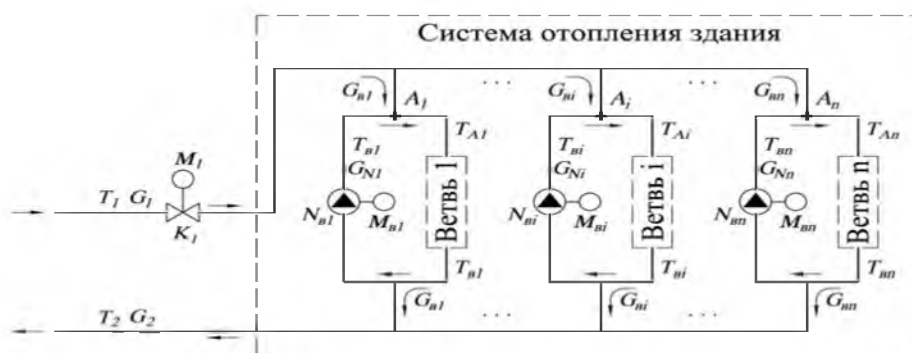


Рис. 1. Принципиальная схема системы многоконтурного теплоснабжения при зависимом подключении к источнику тепла

Fig. 1. The key diagram of system of multiple loop heat supply at dependent connection to heat source



Структура теплоснабжения любого здания или сооружения (группы зданий или сооружений) может быть представлена, как многоконтурная система (рис. 1), где каждая из ветвей в свою очередь может являться аналогичной самостоятельной, в том числе и многоконтурной системой. То есть мы имеем дело с иерархической структурой с аналогичной системой управления на каждом из уровней, что требует построения единого алгоритма управления на каждом из уровней системы.

В общем случае разделение на отдельные контуры обусловлено назначением, геофизическим расположением, архитектурной формой и другими физико-техническими характеристиками объекта теплоснабжения.

Интерес вызывают наиболее распространенные системы управления (СУ) процессом теплоснабжения объектов, подключенные по зависимой схеме к источнику тепла, где при разделении каждый контур (ветвь) может соответствовать заданному наружному фасаду.

Алгоритм управления такими системами разработанный в работе [6], представлен на рис. 2.

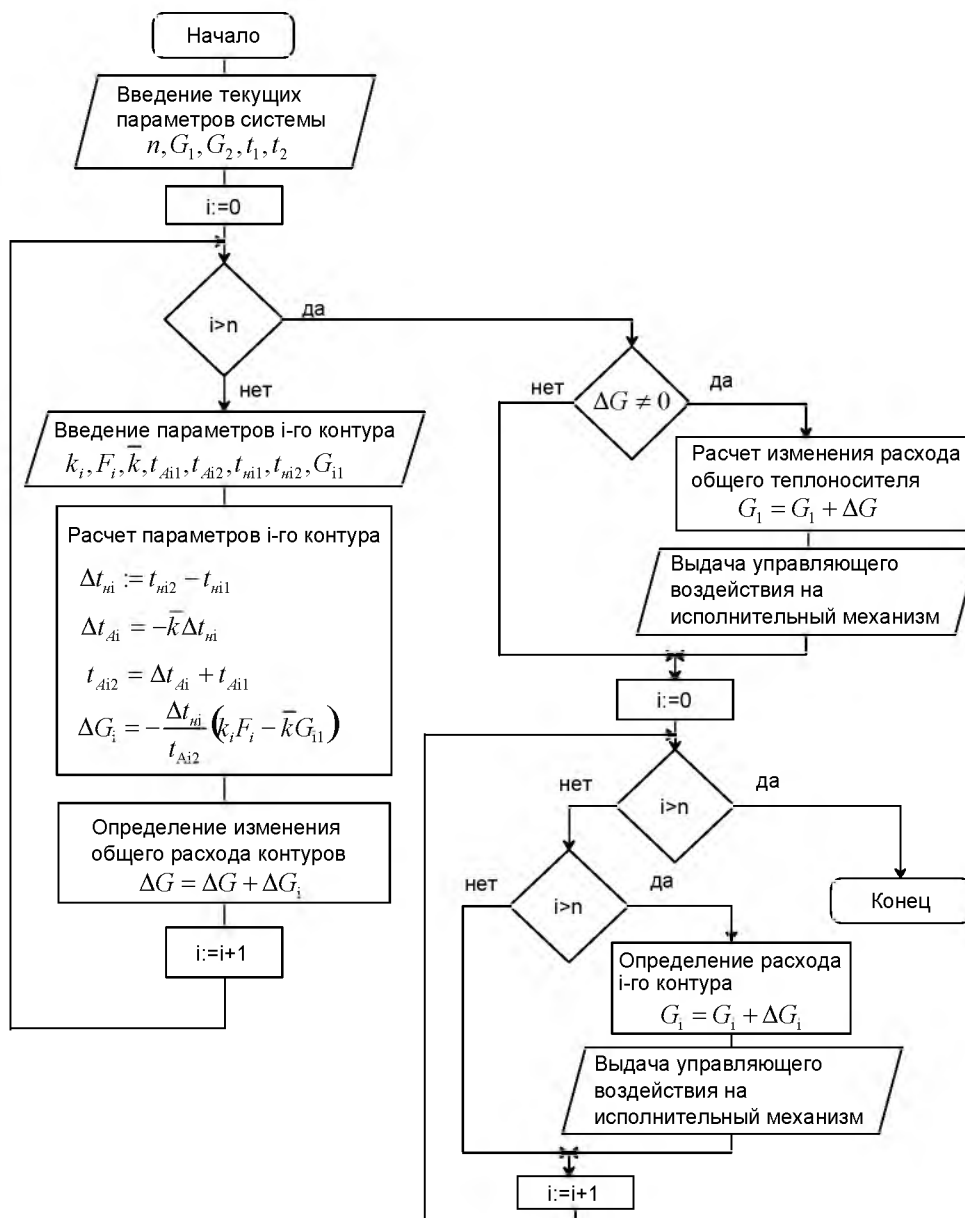


Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления системой многоконтурного теплоснабжения при зависимом подключении к источнику тепла

Fig. 2. Flowchart of algorithm of management of system of multiple loop heat supply at dependent connection to heat source

Данный алгоритм управления включает в себя четыре этапа. На первом этапе происходит мониторинг состояния наружных температур на каждом контуре. На втором этапе рассчитывается изменение расхода теплоносителя на i-м контуре и суммарное общее изменение расхода теплоносителя, проходящего через главный исполнительный механизм. На третьем этапе формируется и вы-

дается управляющее воздействие на главный исполнительный механизм. На четвертом этапе формируется и выдается управляющее воздействие на  $i$ -й исполнительный механизм. В общем виде блок-схема выше указанного алгоритма представлена на (рис. 3).

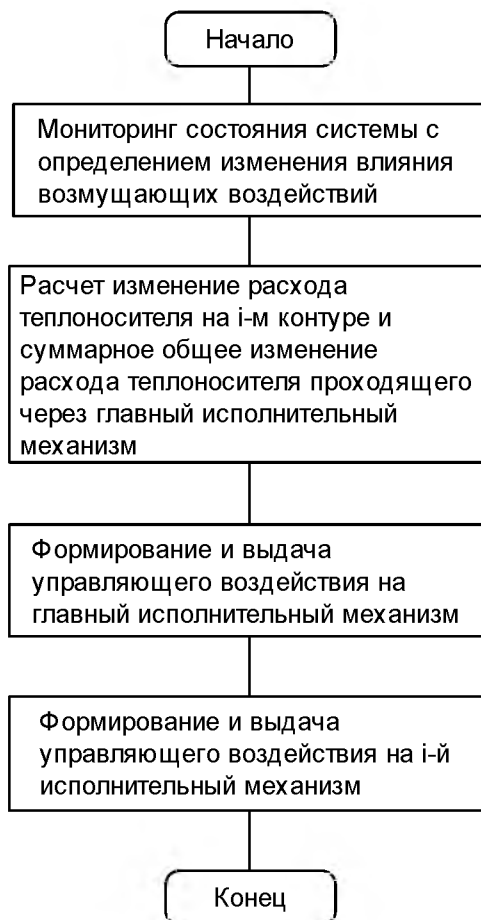


Рис. 3. Общий вид блок-схемы алгоритма управления системой многоконтурного теплоснабжения  
Fig. 3. General view of the flowchart of algorithm of management of system of multiple loop heat supply

Разработанный алгоритм управления дает возможность перераспределять тепловую энергию по контурам в зависимости от текущей температуры на конкретном контуре, что позволяет оптимизировать затраты высокостойкого теплоносителя и эффективнее поддерживать заданную температуру в отапливаемых помещениях.

Для реализации полученного алгоритма на реальных СУ теплоснабжением зданий необходимо определить интервал времени, через который будет запускаться мониторинг системы (контроль наружных температур на каждом контуре).

В работе [7] была получена формула, характеризующая температуру теплоносителя, подаваемого в  $i$ -й контур (ветвь или фасад):

$$t_A = t_k \left( 1 - e^{-\frac{\tau - \tau_s}{T}} \right) + t_1 e^{-\frac{\tau - \tau_s}{T}}, \quad (1)$$

где  $t_A, t_k, t_1$  – соответственно температура теплоносителя подаваемого в систему отопления  $i$ -й контура, температура внутреннего воздуха отапливаемого помещения в  $i$ -м контуре, температура теплоносителя, проходящего через главный исполнительный механизм, °C;  $\tau$  – время, с;  $\tau_s$  – время чистого запаздывания, с;  $T$  – постоянная времени системы многоконтурного теплоснабжения, с.

Принимая во внимание, что температура теплоносителя, подаваемого в систему отопления  $i$ -го контура, не может быть меньше температуры  $t_2$  обратного теплоносителя [8], выходящего из  $i$ -го контура, очевидно неравенство

$$t_A > t_2 \quad (2)$$



Учитывая (1), получим

$$t_k \left( 1 - e^{-\frac{\tau - \tau_0}{T}} \right) + t_1 e^{-\frac{\tau - \tau_0}{T}} > t_2 \tag{3}$$

Преобразуем (3) к более удобному виду

$$\frac{t_1 - t_k}{t_2 - t_k} > e^{-\frac{\tau - \tau_0}{T}}, \tag{4}$$

так как  $t_1 > t_2 > t_k$ , то  $\frac{t_1 - t_k}{t_2 - t_k} > 1$  и так как  $e \approx 2,718 > 1$ , то  $e^{-\frac{\tau - \tau_0}{T}} > 1$ . Прологарифмируем полученное неравенство

$$\ln \frac{t_1 - t_k}{t_2 - t_k} > e^{-\frac{\tau - \tau_0}{T}} \tag{5}$$

Из (5) следует

$$\tau < \tau_0 + T \ln \frac{t_1 - t_k}{t_2 - t_k}. \tag{6}$$

Для визуализации полученного диапазона значений построим график функции

$$\tau(t_1, \tau_0) = \tau_0 + T \ln \frac{t_1 - t_k}{t_2 - t_k} \tag{7}$$

Примем следующие ограничения, основанные на реальных данных объекта теплоснабжения

$$t_1 = 110 \div 150^\circ\text{C}, t_2 = 70^\circ\text{C}, t_k = 20^\circ\text{C}, \tau_0 = 0 \div 600\text{c}, T = 150\text{c}.$$

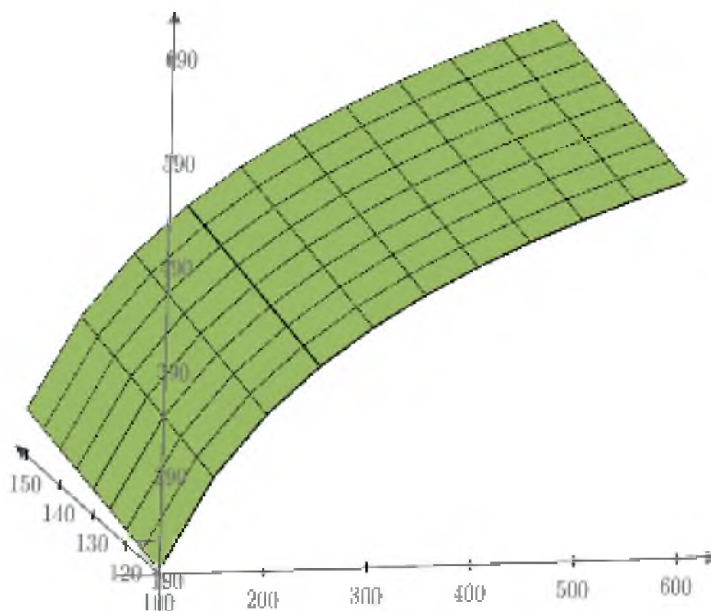


Рис. 4. График функции  $\tau(t_1, \tau_0)$

Fig. 4. Function graph  $\tau(t_1, \tau_0)$



### Заклучение

Проанализировав структуру работы системы многоконтурного теплоснабжения зданий и сооружений при зависимом присоединении к источнику тепла, построена в общем виде блок-схема алгоритма управления. Определен интервал времени принятия решения по перераспределению тепловых потоков в системе теплоснабжения. Получены границы исследуемого интервала времени. Построен график зависимости времени принятия решения от параметров системы.

### Список литературы References

1. Константинов, И.С. Система мониторинга дорожно-транспортной ситуации на основе rfid-технологии / И.С. Константинов // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 2015. № 1 (198). – вып.33/1. Konstantinov, I.S. Sistema monitoringa dorozhno-transportnoj situacii na osnove rfid-tehnologii / I.S. Konstantinov // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Jekonomika. Informatika. 2015. № 1 (198). – vyp.33/1.
2. Ivashchuk O.A. Smart control system of human resources potential of the region [Text] / O.A. Ivashchuk, I.S. Konstantinov, I.V. Udovenko // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2015. Т. 41. С. 481–490. Ivashchuk O.A. Smart control system of human resources potential of the region [Text] / O.A. Ivashchuk, I.S. Konstantinov, I.V. Udovenko // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2015. Т. 41. S. 481–490.
3. Федоров, С.С. Оптимизация процесса управления системой теплоснабжения зданий / С.С. Федоров, Н.В. Ключева, Н.В. Бакаева // Строительство и реконструкция. 2015. № 5 (61). С. 90–95. Fedorov, S.S. Optimizacija processa upravlenija sistemoj teplosnabzhenija zdaniij / S.S. Fedorov, N.V. Kljueva, N.V. Bakaeva // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2015. № 5 (61). S. 90–95.
4. Бондаренко, В.М. Некоторые результаты анализа и обобщения научных исследований по теории конструктивной безопасности и живучести / В.М. Бондаренко, Н.В. Ключева, В.И. Колчунов, Н.Б. Андросова // Строительство и реконструкция. 2012. № 4. С. 3–16. Bondarenko, V.M. Nekotorye rezultaty analiza i obobshhenija nauchnyh issledovanij po teorii konstruktivnoj bezopasnosti i zhivuchesti / V.M. Bondarenko, N.V. Kljueva, V.I. Kolchunov, N.B. Androsova // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2012. № 4. S. 3–16.
5. Андросова, Н.Б. Некоторые предложения к нормированию параметров живучести сооружений / Н.Б. Андросова, Н.В. Ключева, В.И. Колчунов // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2011. № 15. С. 17. Androsova, N.B. Nekotorye predlozhenija k normirovaniju parametrov zhivuchesti sooruzhenij / N.B. Androsova, N.V. Kljueva, V.I. Kolchunov // Vestnik central'nogo regional'nogo otdelenija Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk. 2011. № 15. S. 17.
6. Константинов, И.С. Алгоритм управления системой многоконтурного теплоснабжения зданий и сооружений / И.С. Константинов, С.С. Федоров // Строительство и реконструкция. 2015. № 6(62). С. 107–111. Konstantinov, I.S. Algoritm upravlenija sistemoj mnogokonturnogo teplosnabzhenija zdaniij i sooruzhenij / I.S. Konstantinov, S.S. Fedorov // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2015. № 6 (62). S. 107–111.
7. Федоров, С.С. Система управления процессом теплоснабжения промышленных предприятий при зависимом присоединении к тепловым сетям / С.С. Федоров // Строительство и реконструкция. 2014. № 5 (55). С. 106–110. Fedorov, S.S. Sistema upravlenija processom teplosnabzhenija promyshlennyh predpriyatij pri zavisimom prisoesinenii k teplovym setjam / S.S. Fedorov // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2014. № 5 (55). S. 106–110.
8. Федоров, С.С. К вопросу моделирования процесса управления системой теплоснабжения ресурсоэффективных зданий / С.С. Федоров, Д.Н. Тютюнов, Н.В. Ключева, Л.И. Студеникина // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 92–95. Fedorov, S.S. K voprosu modelirovanija processa upravlenija sistemoj teplosnabzhenija resursojeffektivnyh zdaniij / S.S. Fedorov, D.N. Tjutjunov, N.V. Kljueva, L.I. Studenikina // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2014. № 1 (51). S. 92–95.