DOI: 10.17117/na.2015.09.870

Поступила (Received): 19.09.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.09.870.pdf>

**Федоров С.С., Сидоров И.Ю., Труханов И.П.,
Яргункин Д.В., Хазеев Т.Р.**

**Автоматизация процесса управления системой
теплоснабжения зданий при зависимом
присоединении к тепловым сетям**

**Fedorov S.S., Sidorov I.Yu., Trukhanov I.P.,
Yargunkin D.V., Hazeev T.R.**

**Automation of management of system of heat
supply of buildings at dependent accession to
thermal networks**

В статье представлен один из вариантов управления процессом теплоснабжения зданий и сооружений при зависимом присоединении к тепловым сетям. Выявлены основная управляющая и управляемая переменные работы схемы управления. Разработана математическая модель позволяющая учитывать постоянно изменяющиеся воздействия погодноклиматических параметров

Ключевые слова: управление системой отопления, ресурсосбережение, температура теплоносителя, теплоснабжение

Федоров Сергей Сергеевич

Преподаватель
Юго-Западный государственный университет
г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Сидоров Игорь Юрьевич

Начальник отделения
Центр научно-исследовательских и
производственных работ, БАШНЕФТЕГЕОФИЗИКА
г. Когалым, ул. Центральная, 19

Труханов Илья Петрович

Эксперт
Центр научно-исследовательских и
производственных работ, БАШНЕФТЕГЕОФИЗИКА
г. Когалым, ул. Центральная, 19

One of options of management of process of heat supply of buildings and constructions at dependent accession to thermal networks is presented in article. Are revealed the main managing director and operated variable works of the scheme of management the mathematical model allowing to consider constantly changing influences of weather and climatic parameters is developed

Key words: management of heating system, resource-saving, heat carrier temperature, heat supply

Fedorov Sergey Sergeyevich

Teacher
Southwest state university
Kursk, 50 years of October st., 94

Sidorov Igor Yuryevich

Head of Department
Center of research and production works,
BASHNEFTEGEOFIZIKA
Kogalym, Tsentralnaya st., 19

Trukhanov Ilya Petrovich

Expert
Center of research and production works,
BASHNEFTEGEOFIZIKA
Kogalym, Tsentralnaya st., 19

Яргункин Дмитрий Владимирович
Эксперт
Центр научно-исследовательских и
производственных работ, БАШНЕФТЕГЕОФИЗИКА
г. Когалым, ул. Центральная, 19

Yargunkin Dmitry Vladimirovich
Expert
Center of research and production works,
BASHNEFTEGEOFIZIKA
Kogalym, Tsentralnaya st., 19

Хазеев Тимур Риннатович
Эксперт
Центр научно-исследовательских и
производственных работ, БАШНЕФТЕГЕОФИЗИКА
г. Когалым, ул. Центральная, 19

Hazeev Timur Rinnatovich
Expert
Center of research and production works,
BASHNEFTEGEOFIZIKA
Kogalym, Tsentralnaya st., 19

Оптимизация управления тепловыми потоками в системе теплоснабжения является одной из важнейших проблем в энергосбережении. В работах [3, 4] был проведен анализ теплового баланса в тонкостенном трубопроводе для стальных труб системы теплоснабжения подключенной по зависимой схеме к источнику тепла (рис.1). Была получена зависимость

$$t_A = t_K \left(1 - e^{-\frac{\tau - \tau_3}{T}} \right) + t_1 e^{-\frac{\tau - \tau_3}{T}}, \quad (1)$$

где t_1, t_A, t_K – соответственно температуры: теплоносителя в подающем трубопроводе, точке А, воздуха в отапливаемом помещении, °С; τ – время, с; τ_3, T – соответственно время полного запаздывания в переходном процессе и постоянная тепловой нагрузки R, c .

Рис. 1. Вариант зависимой схемы присоединения системы отопления со смещением воды

Опираясь на соотношение (1), была создана соответствующая структурная схема управления процессом отопления.

Учитывая конструкцию тепловой нагрузки, было установлено, что слагаемое, содержащее t_K в формуле (1), соответствует большей инерционности по

каналу регулирования t_A в сравнении со вторым слагаемым, содержащим t_1 в этой формуле. В этом случае основной управляющей переменной является температура t_1 , а основной управляемой переменной – температура t_A в точке А, в которой происходит смешивание теплоносителя, поступающего через клапан V_1 , и охлажденной воды, подаваемой насосом N.

Выражение (1) не учитывает влияние температуры t_n наружного воздуха, окружающего здание. Введем в рассмотрение переменную t_n , используя уравнение теплового баланса [5]. Для этого вычислим тепловой поток Q , пронизывающий стенки трубы, отапливаемое помещение, ограждающие стены и переходящий в окружающий здание воздух:

$$Q = k_1 \pi d_2 \ell (t - t_k) = k_2 F (t_k - t_n), \quad (2)$$

где t – температура теплоносителя на оси трубы, °С; k_1, k_2 – коэффициенты теплопередачи соответственно от теплоносителя внутри трубы в точке А к воздуху в обогреваемом помещении и от обогреваемого в помещении воздуха к наружному воздуху, окружающему здание, Вт/м².

Из [3] следует:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{тр}}{\lambda_{тр}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3)$$

где $\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}$ – соответственно термические сопротивления теплоотдачи от теплой воды в трубопроводе к внутренней поверхности стенки трубы и от внешней поверхности стенки трубы к воздуху в обогреваемом помещении Вт/м² · град; $\frac{\delta_{тр}}{\lambda_{тр}}$ – термическое сопротивление стенки трубы, м² · град/Вт м²; d_2, ℓ – соответственно внешний диаметр трубы и длина трубопроводов в системе отопления, м.

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_4}}, \quad (4)$$

где $\frac{1}{\alpha_3}, \frac{1}{\alpha_4}$ – соответственно термические сопротивления теплоотдачи от теплого воздуха в отапливаемом помещении к внутренней поверхности стенки ограждения здания и от внешней поверхности стенки ограждения к наружному воздуху, окружающему здание, Вт/м² · град; F – общая площадь ограждающей здание поверхности, м².

Преобразуем выражение (2) к виду:

$$t = \left(\frac{k_2 F}{k_1 \pi d_2 \ell} + 1 \right) \cdot t_k + \frac{k_2 E}{k_1 \pi d_2 \ell} \cdot t_n. \quad (5)$$

Введем обозначение:

$$\bar{k} = \frac{k_2 F}{k_1 \pi d_2 \ell}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5) и рассмотрев сечение трубы в точке А, где $t = t_A$, получим:

$$t_A = (\bar{k} + 1) \cdot t_k - \bar{k} \cdot t_n \quad (7)$$

По данным наблюдений известно, что слагаемое, содержащее t_k , соответствует большей инерционности по каналу регулирования t_A в сравнении со вторым слагаемым, содержащим t_n , т.е. основной управляющей величиной в этом случае является температура t_n наружного воздуха, окружающего здание. Основной управляемой переменной является температура t_A в точке А, (рис.1).

Найдем изменение Δt_A в зависимости от изменения Δt_k и Δt_n соответственно температур t_k и t_n :

$$\Delta t_A = (\bar{k} + 1) \cdot \Delta t_k - \bar{k} \cdot \Delta t_n. \quad (8)$$

Учитывая, что $\Delta t_k \ll \Delta t_n$, имеем

$$\Delta t_A \approx -\bar{k} \cdot \Delta t_n. \quad (9)$$

Из формулы (9) следует, что, если $\Delta t_n > 0$, то $\Delta t_A < 0$, если же $\Delta t_n < 0$, то $\Delta t_A > 0$.

Используя соотношение (7), управление процессом отопления объекта при зависимом присоединении к сетям теплоснабжения можно представить в виде структурной схемы, рис. 2

Рис. 2. Структурная схема управления процессом отопления здания при зависимом подключении к тепловым сетям

Следует отметить, что на основе экспериментальных данных переходных характеристик, имеющих вид гладких кривых, структуру объекта управления

по каналу t_A можно представить в виде последовательного соединения звена чистого запаздывания с апериодическим звеном 1-го порядка, что теоретически обосновано в работе [5]:

$$W_{co} = \frac{k}{TS + 1} \cdot e^{-S\tau_3}, \quad (10)$$

где τ_3, T – соответственно время чистого запаздывания и постоянная системы отопления, С.; k – коэффициент усиления; S – параметр.

Выводы:

1. Разработана математическая модель управления системой отопления зданий для случая зависимого присоединения тепловой нагрузки к тепловым сетям.

2. Разработана структурная схема управления процессом отопления зданий при зависимом присоединении к тепловым сетям в нестационарном режиме.

3. В процессе анализа полученной математической модели выявлены основная управляющая переменная t_H и основная управляемая переменная t_A .

Список используемых источников:

1. Ключева Н.В., Колчунов В.И., Бухтиярова А.С. Ресурсоэнергосберегающая конструктивная система жилых и общественных зданий с заданным уровнем конструктивной безопасности // Промышленное и гражданское строительство. М.: ПГС, 2014. № 2. С. 37-40.
2. Ильичев В.А., Каримов А.М., Колчунов В.И., Алексашина В.В., Бакаева Н.В., Кобелева С.А. Предложения к проекту доктрины градоустройства и расселения (стратегического планирования городов – city – planning) // Жилищное строительство. 2012. № 1. С. 2-11.
3. Федоров С.С., Ключева Н.В., Тютюнов Д.Н. Управление системой отопления зданий с позиции ресурсосбережения // Строительство и реконструкция. 2013. №5. С. 36-40.
4. Федоров С.С., Тютюнов Д.Н. Алгоритм автоматического управления приводом системы отопления зданий и сооружений // Известия ЮЗГУ. 2011. №5. С. 335-339.
5. Федоров С.С., Ключева Н.В., Тютюнов Д.Н., Студеникина Л.И. К вопросу моделирования процесса управления системой теплоснабжения ресурсоэффективных зданий // Строительство и реконструкция. 2014. №1. С. 86-89.

© 2015, Федоров С.С., Сидоров И.Ю., Труханов И.П., Яргункин Д.В., Хазеев Т.Р.
Автоматизация процесса управления системой теплоснабжения зданий при зависимом присоединении к тепловым сетям

© 2015, Fedorov S.S., Sidorov I.Yu., Trukhanov I.P., Yargunkin D.V., Hazeev T.R.
Automation of management of system of heat supply of buildings at dependent accession to thermal networks