

УДК 681.5:[697.1+697.3]

**А.Н. Шушур, И.И. Звенигородский**  
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра системного анализа и моделирования

## **МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕМ ЖИЛЫХ ДОМОВ**

### *Аннотация*

*Шушур А.Н., Звенигородский И.И. Многоуровневая система управления теплоснабжением жилых домов.* Разработана структура многоуровневой системы управления теплоснабжением. Описан порядок её функционирования и обмен данными между элементами системы. Построена логико-формальная модель системы теплоснабжения в виде графа. Разработана модель расчета температуры теплоносителя, достаточной для отопления здания.

*Ключевые слова:* многоуровневая система управления теплоснабжением, термическое сопротивление ограждающих стен, расчётная температура, нормы затрат тепла трубопроводом.

**Постановка проблемы.** Состояние системы жилищно-коммунального хозяйства в его нынешнем виде непосильно ни для потребителей жилищно-коммунальных услуг, ни для бюджетной системы. До 50 процентов бюджета некоторых городов расходуется на теплоснабжение в первую очередь жилищного фонда. Тепловые сети в Украине одни из самых дорогих в мире. По оценкам специалистов на отопление и горячее водоснабжение домов массовой застройки в Украине расходуется вдвое больше энергоресурсов, чем в развитых странах мира с подобными климатическими условиями. Дефицит топливно-энергетических ресурсов, в частности, природного газа, который в данный момент страна покупает по довольно высоким ценам, требует максимально снизить расход газа, поддерживая приемлемый уровень комфорта потребителя. Одним из путей решения указанных проблем является усовершенствование системы управления теплоснабжением жилых домов.

**Цель статьи** – снизить расход газа в системе теплоснабжения и повысить уровень комфорта потребителя путём внедрения многоуровневой системы управления.

**Исследования.** В данной работе формализуется структура системы теплоснабжения жилых домов, разрабатывается модель расчета характеристик теплоснабжения, а также предлагается структура многоуровневой системы управления теплоснабжением жилых домов.

Модель системы теплоснабжения жилых домов в виде графа представлена на рисунке 1.

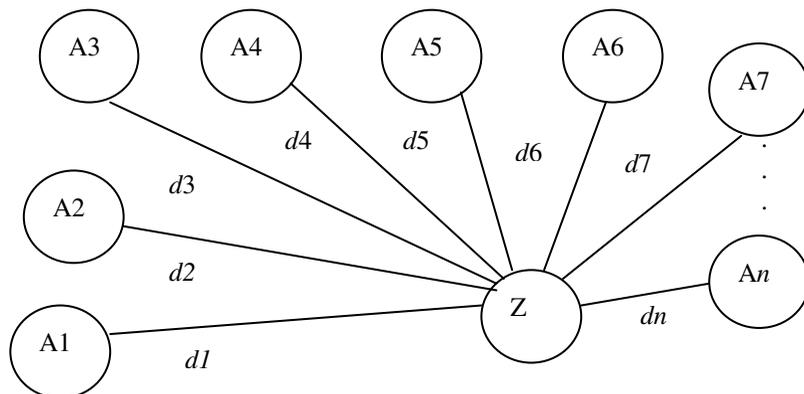


Рисунок 1 – Структура системы теплоснабжения жилых домов

Граф, изображённый на рисунке 1, состоит из  $(n+1)$  вершин:  $Z=\{z\}$  и  $A=\{a_1... a_n\}$ . Вершиной  $Z$  обозначена котельная. Данный граф наглядно демонстрирует взаимосвязи отапливающей котельной и зданий-потребителей тепла. Котельная  $Z$  обладает таким параметром как мощность  $g$ , от которого зависит количество обслуживаемых зданий. Здания-потребители тепла представлены множеством вершин  $A$ . Элементы  $a_i \in A$  характеризуются следующими атрибутами:

- $S_i$  – суммарная площадь отапливаемой поверхности  $i$ -ого здания,  $m^2$ ;
- $R_i$  – термическое сопротивление ограждающих стен,  $K/Вт$ ;
- $L_{ин}^i$  – объём инфильтруемого наружного воздуха,  $m^3/ч$ ;
- $q_i$  – средняя мощность теплового радиатора в  $i$ -ом здании,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ .

Множество дуг данного графа  $D=\{d_1...d_n\}$  обозначает трубопроводы, проложенные между зданиями-потребителями и котельной. Дуги  $d_i \in D$  характеризуются такими атрибутами:

- $f_i$  – диаметр  $i$ -ого трубопровода,  $мм$ ;
- $l_i$  – длина  $i$ -ого трубопровода, суммарная длина проложенных труб от котельной к зданию,  $м$ ;
- $\kappa_i$  коэффициент потери тепла трубопроводом прямо зависит от материала трубы, вида теплотрассы,  $Вт/м$ .

На основе формализованной структуры системы теплоснабжения была разработана модель расчёта температуры теплоносителя, достаточной для отопления здания  $Q_{m.от.зд}^i$ :

$$Q_{m.от.зд}^i = Q_{m.ном.мп}^i + Q_{m.ли}^i, \quad (1)$$

где  $Q_{m.nom.mp}^i$  - тепловой поток через наружные ограждения,  $Q_{m.nn}^i$  - тепловой поток на нагрев приточного наружного воздуха. Как видно из формулы (1) необходимо определить теплопотери внутри здания. Тепловой поток  $Q_{m.nom.mp}^i$  через наружные ограждения площадью  $S_p$  термическим сопротивлением  $R_i$ , при температуре в помещении  $t'_e$  и снаружи здания  $t_{нх}$  вычисляется по формуле:

$$Q_{m.nom.mp}^i = S_i * (t'_e - t_{нх}) / R. \quad (2)$$

Далее рассчитываются нагрузки на систему отопления, которые связаны с нагревом поступающего в помещение холодного наружного воздуха, необходимого для вентиляции. Тепловой поток на нагрев приточного наружного воздуха  $Q_{т.пн}^i$  вычисляется по формуле:

$$Q_{m.nn}^i = L_{nn}^i * p_{n.n} * c_p * (t'_e - t_{нх}) / 3,6, \quad (3)$$

где  $p_{n.n}$  - средняя массовая плотность нагреваемого воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $c_p = 1$  кДж/(кг\*°С) - теплоемкость воздуха; 3,6 - переводной коэффициент кДж в Вт/ч.  $L_{nn}^i$  - объем инфильтруемого наружного воздуха, м<sup>3</sup>/ч.

По выражению (3) вычисляется расход теплоты на нагрев приточного наружного воздуха до комнатной температуры  $t'_e = +20$  °С. Эти затраты теплоты  $Q_{m.nn}^i$  также входят в расчет требуемой тепловой мощности систем отопления.

Далее при помощи таблицы 1 [1] в зависимости от затрат тепла и диаметра трубопровода при средней мощности теплового радиатора равной  $k_i = 1120$  Вт определяется температура теплоносителя в подающем трубопроводе. При промежуточных значениях затрат тепла температура определяется методом интерполяции.

Таблица 1 – Нормы затрат тепла трубопроводами всередине помещения с расчётной температурой 20 градусов Цельсия

внешний диаметр труб, мм	нормы затрат тепла, кДж/ч (ккал/ч), при температуре теплоносителя, гр. Цельсия, (средняя мощность батареи 1120 Вт)			
	50	75	100	125
32	50 (12)	84 (20)	117 (28)	146 (35)
48	54 (13)	92 (22)	130 (31)	167 (40)
57	59 (14)	96 (23)	134 (32)	180 (43)

На рисунке 2 представлена многоуровневая система управления теплоснабжением, разделённая условно на 3 взаимосвязанных подсистемы:

подсистема химической водоочистки (ХВО) и подогрева теплоносителя, подсистема диспетчерского контроля и управления параметрами работы системы и подсистема передачи и распределения тепла потребителю

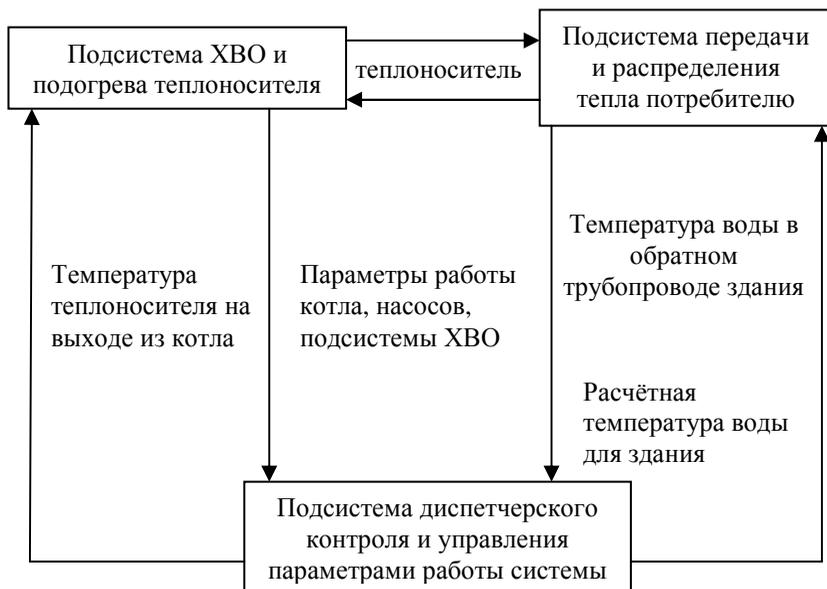


Рисунок 2 – Структура многоуровневой системы управления теплоснабжением

Как видно на рисунке 2, подсистема диспетчерского контроля и управления параметрами работы системы осуществляет управление остальными двумя подсистемами. Стрелками показан обмен данными между подсистемами.

Подсистема ХВО и подогрева теплоносителя состоит из таких подсистем:

- а) подсистема подачи газа (элементы: газопровод и задвижки, газовые счётчики);
- б) подсистема подачи электроэнергии (элементы: линии электропередач, переключатели, электросчётчики);
- в) котлы (элементы: топка, горелка, вентиляция);
- г) подсистема автоматического регулирования (элементы: контрольно-измерительные приборы, регуляторы, реле, пусковые установки);
- д) подсистема утилизации уходящих газов (элементы: утилизатор, трубопроводы);
- е) подсистема подачи воды (элементы: трубопроводы, задвижки, насосы)

водомеры, резервный бак);

ж) подсистема смягчения воды (элементы: трубопроводы, задвижки, солевая яма, насосы);

з) подсистема фильтрации воды (элементы: трубопроводы, задвижки, фильтры, насосы);

и) подсистема ликвидации кислорода из воды (элементы: трубопроводы, задвижки, диаратор, насосы).

Подсистема передачи и распределения тепла потребителю состоит из следующих элементов: задвижки, сеть трубопроводов, здания-потребители, датчики температуры, регуляторы, приводы электрические многооборотные. В данной системе реализована работа нечёткого регулятора, осуществляющего регулирование задвижкой трубопровода здания. В зависимости от номера-идентификатора дома, содержащего в свою очередь информацию о доме, его термических характеристиках, и разности фактической и заданной температур воды в обратном трубопроводе нечёткий регулятор формирует управляющее воздействие – угол поворота задвижки. Показания температуры воды в обратном трубопроводе здания поступают от датчика температуры, находящегося в цепи обратной связи.

Информация из подсистем ХВО и подогрева теплоносителя и подсистемы передачи и распределения тепла потребителю поступает в базу данных системы диспетчерского контроля и управления параметрами работы системы для хранения и обработки информации о показаниях счётчиков, расхода газа, воды и т. п.

**Выводы.** В данной статье была разработана структура многоуровневой автоматизированной системы управления теплоснабжением жилых зданий, описан порядок её функционирования, обмен данными между её составляющими. Данная система может применяться в централизованных системах теплоснабжения. Система в отличие от аналогов построена на принципах нечёткой логики и позволяет регулировать подачу тепла в здание непосредственно перед поступлением в него теплоносителя, что исключает излишние затраты тепла и увеличивает скорость обнаружения утечки в теплотрассах. Использование подсистемы диспетчерского контроля и управления параметрами работы системы позволяет обеспечить автоматическое ведение учёта данных о подаче тепла.

#### Список литературы

1. Н.Б. Либерман, М.Т.Нянковская «Справочник по проектированию котельных установок систем централизованного теплоснабжения» – Москва: «Энергия», 2005.
2. Варфоломеев Ю.М. Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети – Москва: «ИНФРА-М» 2008.- 350 с.
3. Соловьев Ю. П. «Проектирование крупных центральных котельных для комплекса тепловых потребителей» – Москва: 1976.