

Моделирование технологических процессов теплообеспечения, как инструмент оценки состояния объектов имущественного фонда и инженерных сетей предприятий.

Азимов Юсуф Исмагилович, Гильманшин Искандер Рафаилович  
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18

#### Аннотация

Представлен подход к математическому моделированию технологических процессов выработки, производства и потребления теплоэнергоресурсов на объектах имущественного фонда и инженерных сетях, определяющий информационное обеспечение системного анализа кинетического изменения термодинамических параметров последовательно протекающих теплофизических процессов в потоках теплоносителя в замкнутых структурах теплосетей энергопотребления работающих в режиме рецикла теплового потока. Определяется возможность постановки и решение задачи энергоресурсосбережения на объектах теплообеспечения в замкнутых сетях энергопотребления, работающих в режиме флуктуации температурных параметров окружающей среды.

Ключевые слова:

Энергосбережение, энергоэффективность, управление, моделирование процессов энергоснабжения.

Annotation:

The approach to the mathematical modeling of technological processes of production, manufacture and consumption energyresources on the property fund facilities and engineering networks is presented. This approach is defining the information support system analysis of the kinetic changes of thermodynamic parameters sequentially occurring thermal processes in the flows of heat transfer agent in a closed structures of heating energy working in the recycle mode of the heat flow. It is determined the possibility of setting and solving problems of energyefficiency on the objects with close cycle operating and working in the fluctuation mode of the environmental parameters.

Keywords:

Energy conservation, energy efficiency, management of modeling of powersupply processes.

Технологические сетевые процессы теплоэнергообеспечения объектов имущественного фонда представляющие собой многоэтапные динамические системы тепловых потоков в сетевых структурах теплопотребления, сопровождаемые кинетическим изменением термодинамических параметров теплоносителя, изменение теплового потенциала в замкнутых цепях обратного теплоснабжения математическая модель записывается в виде рекуррентной системы дифференциальных уравнений, определяющих изменение термодинамического потенциала тепловой энергии в сетях теплообеспечения.

Локальная идентификация уравнений модели определяет условие высокой достоверности информационного обеспечения разработки систем управления процессами теплоэнергообеспечения на объектах потребления.

Математическое моделирование технологических процессов энергообеспечения объектов имущественного фонда и инженерных сетей предприятий определяет возможность решения задачи энергоресурсосбережения, оптимизации режимов энергопотребления, обеспечения санитарно-гигиенических нормативов в помещениях в условиях флуктуации температурных параметров окружающей среды.

Реализуется системный информационный подход в решении задачи эффективного использования топливных ресурсов в условиях стабилизации режимов энергообеспечения на объектах энергопотребления.

Информационный подход процедуры математического моделирования может быть представлен путем записи балансовых уравнений динамики изменения термодинамических параметров тепловых сетей.

Задача управления интенсивностью энергопроизводства в условиях оптимального энергообеспечения потребителей записывается системой дифференциальных уравнений кинетического изменения, определяющих параметров теплоносителя в структурной цепи технического оборудования в теплопроизводстве, распределения и потребления тепловой энергии с обеспечением санитарно-гигиенических тепловых режимов в помещениях.

Интенсивность накопления теплового потенциала определяется соотношением:

$$Q = \int_{\tau_0}^{\tau_k} m_{i,j} \cdot I(\tau) d\tau \quad (1)$$

где  $m_{i,j}$  - интенсивность протока теплоносителя ( $\text{м}^3/\text{час}$ );  $I(\tau)$  – энтальпия теплоагента ( $\text{кДж}/\text{м}^3$ ); здесь  $I(\tau) = c_v \cdot t(\tau)$ ;  $c_v$  – объемная теплоемкость теплоносителя;  $t(\tau)$  – температура теплоносителя ( $^{\circ}\text{K}$ ).

В данной задаче состояние объекта управления рассматривается как многомерная, векторная переменная изменения энергетического потенциала потока теплоносителя  $Q$  ( $\text{кДж}$ ), компонентами которой определены параметрические показатели, такие как объемный расход теплоносителя  $m$  ( $\text{м}^3/\text{час}$ ), а так же термодинамическая температура  $T$  ( $\text{K}$ ).

Векторное состояние объекта управления в виде сетевой системы энергообеспечения на объектах имущественного фонда и инженерных сетей предприятий и в частности, объектов ЖКХ определяется изменением величины теплового потенциала теплоносителя  $Q$  в непрерывном потоке в некотором диапазоне значений или конечное множество значений.

Переменным параметром технологического процесса теплообеспечения следует определить такой текущий показатель, как температура теплоносителя  $t_i$  на  $i$  – ом участке сети потребления, тогда как такой показатель как объемный расход теплоносителя на соответствующих участках сети энергопотребления следует определять как заданная и постоянная величина  $m_i$

В обобщенной форме математическая модель тепловых сетей теплопроизводства и теплообеспечения записывается в виде совокупности рекуррентных дифференциальных уравнений динамического изменения энергетического потенциала потока теплоносителя, оцениваемому по показателю тепловой энергии как температуре теплоносителя. Данный подход определяет возможность разработки системы оптимального управления объектами энергопотребления основанной на принципах системного анализа термодинамического состояния потока на отдельных этапах и участках сетевой структуры его функционирования и регулирования по параметрическим показателям обратной связи.

Структурная схема тепловых теплоэнергетических сетей теплообеспечения на объектах имущественного фонда и инженерных сетей предприятий, представленная на рис.1, определяет решение задачи минимизации потребления тепловой энергии в условиях обеспечения нормативных режимов функционирования объекта по температурным показателям.

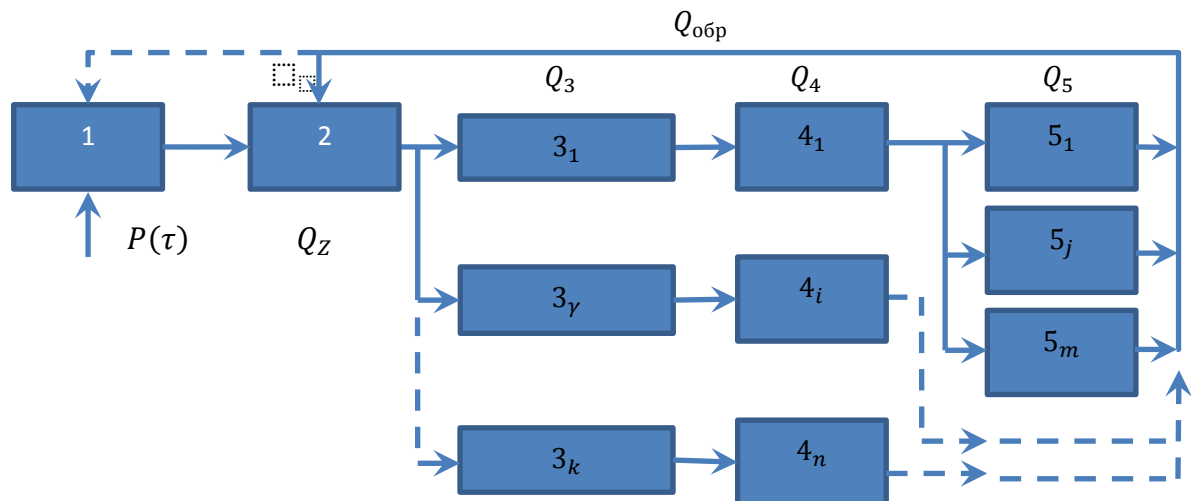


Рис.1 Структурная схема теплоэнергообеспечения в сетях потребления:  $G$  - теплоагент (природный газ, перегретый пар);  $Q_{ij}$  - тепловой поток;  $Q_{обр}$  - обратный поток теплоносителя;  $P(\tau)$  – расход теплоагента; 1. котел теплопроизводства; 2. бойлерная отработки тепловых режимов теплоносителя; 3. трубопровод подвода теплоносителя; 4. узловые объекты теплоснабжения; 5. локальные теплоснабжители.

Балансовое соотношение импульса теплоэнергетического потока в соответствии с представленной на рис. 1 технологической структурной схемой теплоэнергообеспечения в сетях потребления записывается в обобщенной форме в виде совокупности рекуррентных соотношений мгновенного изменения теплосодержания теплового потока в системе замкнутого циклического оборотного теплоэнергообеспечения соотношением:

$$\Delta Q_1 = \left( (\Delta Q_2 + \Delta Q_\Sigma) - \sum_{\gamma=1}^k \Delta Q_\gamma \right) - \sum_{\gamma=1}^k \sum_{i=1}^n \Delta Q_{ij} - \sum_{\gamma=1}^k \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta Q_{\gamma ij} \quad (3)$$

где:  $\Delta Q_1$ ,  $\Delta Q_2$ ,  $\Delta Q_\Sigma$ ,  $\Delta Q_\gamma$ ,  $\Delta Q_{ij}$ ,  $\Delta Q_{\gamma ij}$ , соответственно импульсы потока энергии образования в котельной, выработки в бойлере, поток теплоносителя в обратной линии, интенсивность теплопотерь на  $\gamma$ -ом сетевом трубопроводе, снижение тепловой нагрузки на  $\gamma i$ -ом узловом участке теплопотребления, на  $\gamma ij$ -ом локальном участке теплопотребления.

Обобщенное рекуррентное уравнение моделирования технологического процесса теплообмена в структурной системе теплообеспечения потребителей сложных узловых объектов имущественного фонда и инженерных сетей является рекуррентное соотношение записанное в виде совокупности исходных уравнений:

$$Q_1(\tau) = \mu \int_{\tau_0}^{\tau} P(\tau) \Delta H d\tau \rightarrow \min$$

$$\Rightarrow \int_{\tau_0}^{\tau} m_\tau(\tau) \cdot c_v \cdot t_2(\tau) d\tau - \sum_{\gamma=1}^k \int_{\tau_0}^{\tau} \int_{L=0}^{L_\gamma} K_\gamma \cdot f_\gamma \cdot (t_\gamma(\tau) - Q(\tau)) dL \cdot d\tau$$

$$- \sum_{\gamma=1}^k \sum_{i=1}^n \int \Delta Q_{\gamma j}(\tau) d\tau$$

$$- \sum_{\gamma=1}^k \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[ \int_0^{\tau} V_{\gamma ji} \cdot c_v^H d\tau - \int_0^{\tau} Z_{\gamma ji} \cdot S_{\gamma ji} \cdot (T_{\gamma ji}(\tau) - U(\tau)) d\tau \right]$$

Идентификация обобщенного соотношения проводится по параметрическим показателям изменения величины теплового потока в локальных точках узла потребления.

Записанная математическая модель технологического процесса выработки и потребления теплоэнергетических ресурсов на объектах имущественного фонда в виде рекуррентного соотношения определяет возможности постановки и решения ряда задач управления:

- обеспечивается глубокая проработка информационного обеспечения по всем параметрическим показателям как по всем локальным точкам анализа так и совокупной системе в целом.

- определяется возможность оценки всех локальных участков и структуры в целом в параметрических показателях потребления и потерь. Решается задача ликвидации узких мест.

- заложена теоретическая и практическая база разработки и внедрения АСУ-ТП работающая в режиме обеспечения потребителей нормативными санитарно-гигиеническими условиями жизнеобеспечения минимизация энергоресурсосбережения, энергопотери, минимизации платежей потребителями за услуги энергетиков.

- представленный подход к моделированию процессов использования и потребления материальных и энергетических ресурсов в производственных системах можно рассматривать как возможность глубокого уровня информационного обеспечения в разработке системы оптимального управления.

## Литература

1. Азимов Ю.И. Сетевое моделирование процесса производства удобрений сельскохозяйственных предприятий Азимов Ю.И., Савдур С.Н., Кирпичников А.П., Костромин А.В. //Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 12. С. 122-124.
2. Азимов Ю.И. Моделирование технологического процесса биохимической очистки сточных вод полимерной промышленности Азимов Ю.И., Савдур С.Н., Мухаметгалеев Д.М. //В книге: Теоретические основы формирования промышленной политики Адова И.Б., Азимов Ю.И., Алетдинова А.А., Асаул А.Н., Борисов А.А., Бабкин А.В., Васильев Ю.С., Вертакова Ю.В., Гладышева И.В., Глухов В.В., Греченюк А.В., Греченюк О.Н., Бабкин И.А., Злышко О.В., Комаров И.И., Краснюк Л.В., Кремлёва Н.А., Кузьмина С.Н., Курчеева Г.И., Малюк В.И. и др. Санкт-Петербург, 2015. С. 378-397.
3. Басыров И. Р. Расширение сетей Петри, проблемно - ориентированное на моделирование многоассортиментных производственных систем / И. Р. Басыров // Ученые записки КФЭИ: сб. науч. трудов. Вып. 16. – Казань: КФЭИ, 2001. – С.177 – 182.
4. Гильманшин И.Р. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве: построение комплекса централизованной автоматизированной системы сбора, контроля и анализа бытового потребления энергоносителей Гильманшин И.Р., Ференец А.В. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2009. № 9-10. С. 82-88.