

Исследование системы теплоснабжения на основе имитационной модели

Е. А. ЯКИМОВ

Введение

Проблема управления системами централизованного теплоснабжения охватывает широкий комплекс взаимосвязанных вопросов, касающихся технической политики в области развития систем, их оптимального проектирования и управления режимами работы в процессе эксплуатации. Масштабы и уровень централизации систем теплоснабжения, усложнение их структуры выдвинули на первый план системные задачи расчета и оптимизации, определяющие экономическую эффективность систем, их надежность и управляемость при эксплуатации.

Обострившаяся в последние годы проблема экономии топливно-энергетических ресурсов усилила внимание планирующих, производственных и научно-исследовательских организаций к совершенствованию регулирования отпуска теплоты в системах централизованного теплоснабжения как к одному из сравнительно малозатратных резервов экономии топлива [1].

Вербальная модель системы теплоснабжения

Современные централизованные системы теплоснабжения представляют собой сложный комплекс инженерных систем. Для обеспечения надежности функционирования таких систем требуется их иерархическое построение, при котором всю систему разделяют на ряд уровней, каждый из которых имеет свою задачу, значимость которой снижается с переходом от верхнего уровня к нижнему [2].

Верхний иерархический уровень составляют источники тепла, следующий уровень – магистральные тепловые сети с районными тепловыми пунктами (ТП), нижний – распределительные сети с абонентскими вводами потребителей.

Основой моделирования системы теплоснабжения города или района является системный анализ, центральной процедурой которого является построение обобщенной (единой) модели объекта, отражающей важнейшие факторы и взаимосвязи реальной системы. Это связано с созданием комплекса моделей с развитыми динамическими и информационными связями между моделями всех уровней.

Система теплоснабжения обладает следующими особенностями:

- высокий уровень неопределенности исходной информации, определяемой внутренней неопределенностью факторов, которые не контролируются полностью лицом, принимающим решение, и внешней неопределенностью, которая определяется характером взаимодействия с внешней средой (экологическая, демографическая, внешнеэкономическая ситуация и т.п.);
- сложная динамическая структура;
- большое число однотипных объектов, имеющих различные технические характеристики.

От центрального теплового пункта осуществляется теплоснабжение отдельных объектов со следующими основными техническими характеристиками: строительный объем здания по наружному обмеру, m^3 ; удельная тепловая характеристика здания, $kcal/m^3 \cdot C^\circ$; расчетная температура воздуха внутри помещения, C° (рисунок 1).

Теплоноситель от источника тепла к центральному тепловому пункту (ЦТП) подается по тепловому графику, который выбирается поставщиком тепловой энергии. Каждому значению текущей температуры наружного воздуха (ТНВ) должна соответствовать температура подающей и обратной воды.

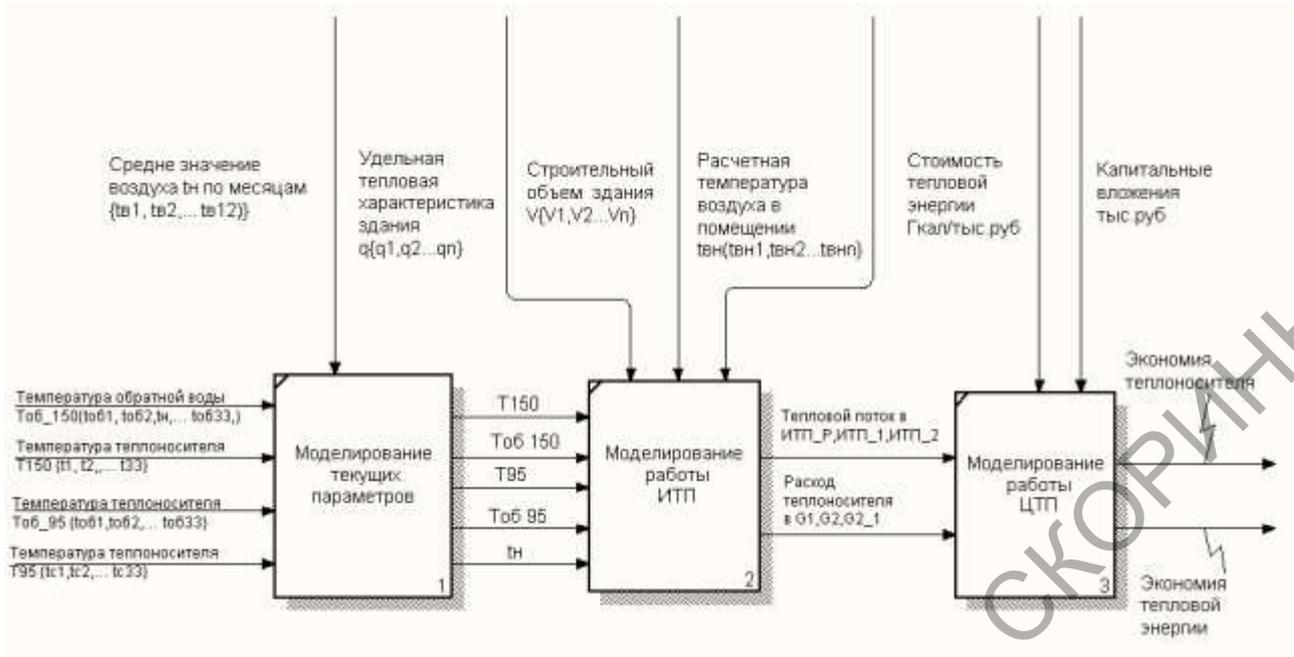


Рисунок 1 – IDEF0-диаграмма моделирования системы теплоснабжения

Выходными данными модели являются показатели работы центрального теплового пункта в течение нормативного срока окупаемости в сравнении с различными вариантами оснащения индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) при одинаковых внешних воздействиях. Такими показателями являются экономия теплоносителя (тонн) и экономия тепловой энергии (Гкал) за исследуемый период.

Модель температуры наружного воздуха

Температура наружного воздуха является основным фактором, определяющим режим подачи теплоты для отопления зданий, имеет переменный характер, как в течение отопительного периода, так и в течение суток. Годовой и суточный ход температур наружного воздуха зависит, главным образом, от широты местности, времени года, географического расположения населенных пунктов. При этом колебания ТНВ имеют периодическую и случайную составляющие. Значительные суточные колебания ТНВ наблюдаются в зимнее время, например, в январе по Могилевской области согласно СНиП 2.01.01.-82 средняя и максимальная суточная амплитуда ТНВ составляет, соответственно, $-5,9^{\circ}\text{C}$ и $-20,1^{\circ}\text{C}$.

Модель ТНВ в среде имитационного моделирования *PowerSim Studio* [3] представлена на рисунке 2. При этом ТНВ вычисляется на каждом шаге моделирования (каждый час) и определяется следующим выражением:

'Температура наружного воздуха' = 'Текущая среднемесячная температура наружного воздуха' + 'Уровень температуры' + 'Случайные колебания температуры', где переменная 'Случайные колебания температуры' моделирует местные изменения температуры, воздействующей на наружную поверхность здания, включающие кратковременные осадки, порывы ветра, изменения солнечной активности и определяется, в свою очередь, по формуле:

'Случайные колебания температуры' = IF (Триггер = TRUE; Случайность*1<<t>>; 0<<t>>); Случайность*1=RANDOM(0;1); Триггер = {TRUE; FALSE}.

Изменения температуры в течение суток определяет переменная «Уровень температуры», входящий поток контролирует переменная «Тепло», которая задана периодической функцией с периодом 24 часа:

'Тепло' = SINWAVE('Средняя амплитуда колебания тнв за сутки'; Период)/1<<hr>>, где амплитуда задана константой:

'Средняя амплитуда колебания тнв за сутки'=6<<t>>.

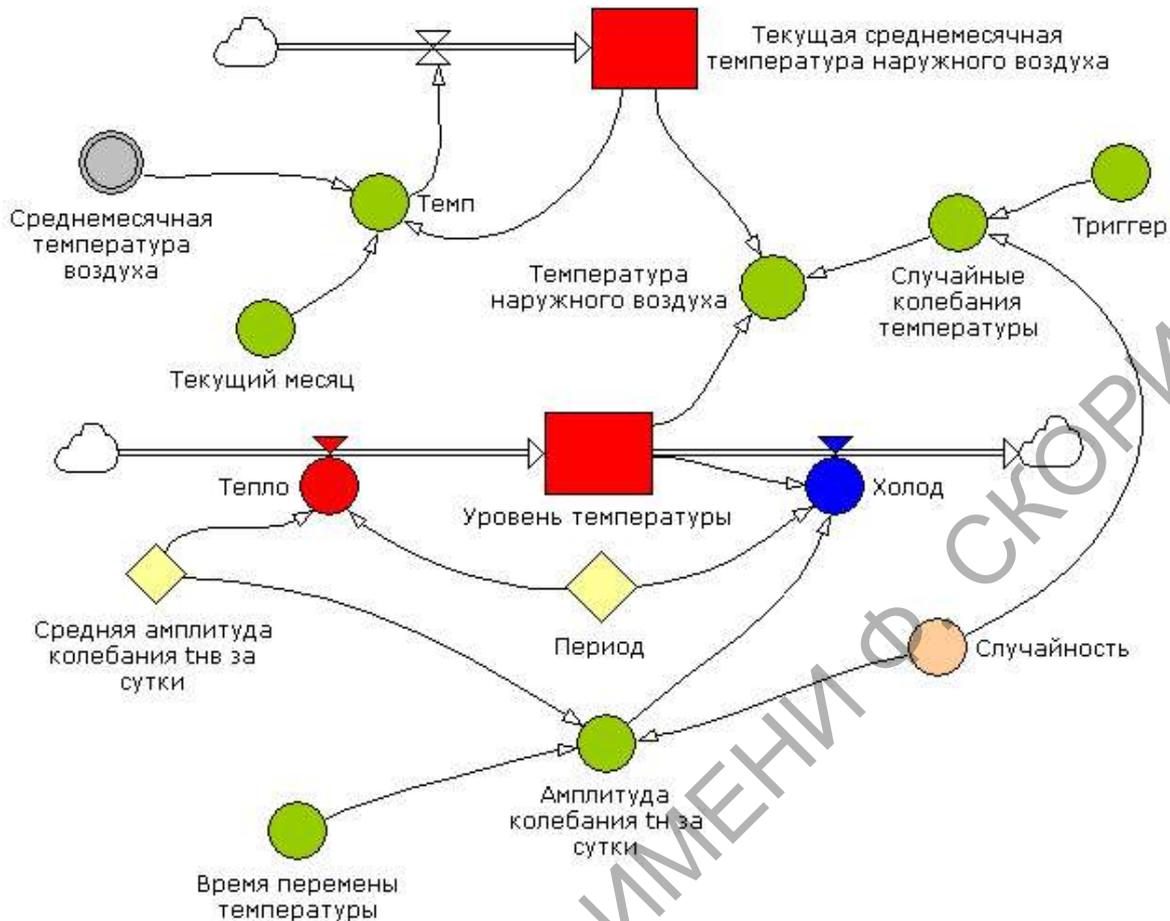


Рисунок 2 – Модель температуры наружного воздуха

Выходящий поток контролирует переменная «Холод», которая также является периодической функцией:

'Холод' = ('Уровень температуры' + SINWAVE('Амплитуда колебания $t_{нв}$ за сутки'; Период))/1<<hr>>, при этом амплитуда колебания изменяется случайным образом по нормальному закону:

'Амплитуда колебания $t_{нв}$ за сутки' = NORMAL(0;0,5)*'Средняя амплитуда колебания $t_{нв}$ за сутки'*SAMPLEIF ('Время перемены температуры'; Случайность).

Переменная «Текущая среднемесячная температура наружного воздуха» определяет изменения среднемесячной температуры в течение суток и корректируется ежемесячно:

'Темп' = ('Среднемесячная температура воздуха'[INDEX('Текущий месяц')] – 'Текущая среднемесячная температура наружного воздуха')/1<<mo>>, где 'Текущий месяц' = MONTH(TIME).

Модель индивидуального теплового пункта с элеватором

Индивидуальные тепловые пункты для получения требуемой температуры теплоносителя оснащены узлом смешения (элеватором), который предназначен для понижения температуры теплоносителя, поступающего от источника тепла по тепловому графику 150/70 до параметров графика 95/70. Элеватор представляет собой струйный насос, имеет низкую стоимость и высокую надежность в работе.

Модель работы индивидуального теплового пункта, оснащенного элеваторным узлом смешения, представлена на рисунке 3.

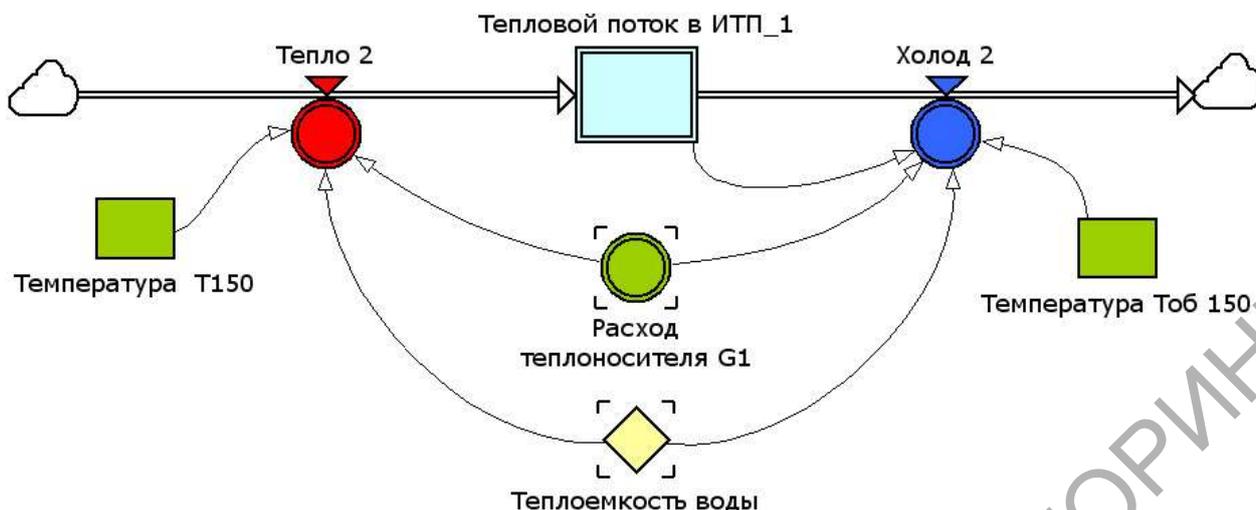


Рисунок 3 – Модель ИТП с элеваторным узлом смешения

Переменные 'Тепло 2' и 'Холод 2' контролируют количество тепла, которое поступает с теплоносителем и, соответственно, выходит из индивидуального теплового пункта обогреваемого здания. Переменная 'Тепловой поток в ИТП_1' определяет поток тепловой энергии, поступающей для отопления здания, и вычисляется на каждом шаге моделирования. Переменные представлены следующим образом:

'Тепло 2'='Температура T150'*'Расход теплоносителя G1'*'Теплоемкость воды';

'Холод 2'='Тепловой поток в ИТП_1'/TIMESTEP +'Температура Тоб 150'*'Расход теплоносителя G1'*'Тепл.

Индивидуальный тепловой пункт с элеваторным узлом смешения не обеспечивают необходимых параметров в диапазоне положительных температур, что приводит к перегреву здания, ухудшению микроклимата внутри помещений и потерям тепловой энергии. Во избежание указанных недостатков в настоящее время в тепловых пунктах устанавливаются различные системы автоматического регулирования параметров теплоносителя по температуре наружного воздуха.

Модель индивидуального теплового пункта с системой автоматического регулирования

Модель работы индивидуального теплового пункта, оснащенного системой автоматического регулирования, представлена на рисунке 4. Температура теплоносителя формируется регулятором по тепловому графику 95/70, который заложен в память электронного блока и может корректироваться непосредственно в тепловом пункте здания, что позволяет учитывать его тепловую характеристику.

Переменные в модели ИТП на рисунке 4 представлены следующим образом:

'Тепло 3' = 'Расход теплоносителя G2_1'*'Температура T95'*'Теплоемкость воды';

'Холод 3'='Тепловой поток в ИТП_2'/TIMESTEP + 'Расход теплоносителя G2_1'*'Температура Тоб 95'*'Теплоемкость воды';

'Расход теплоносителя G2_1' = 0,9*'Расход теплоносителя G2_1'*((Температура T95 – 'Температура Тоб 95') / ('Температура T150' – 'Температура Тоб 95')).

В обобщенной модели теплоснабжения разработаны также модели температуры теплоносителя прямой сетевой перегретой воды и обратной воды по отопительному графику 95/70, центрального теплового пункта и определения экономии теплоносителя и тепловой энергии в центральном тепловом пункте.

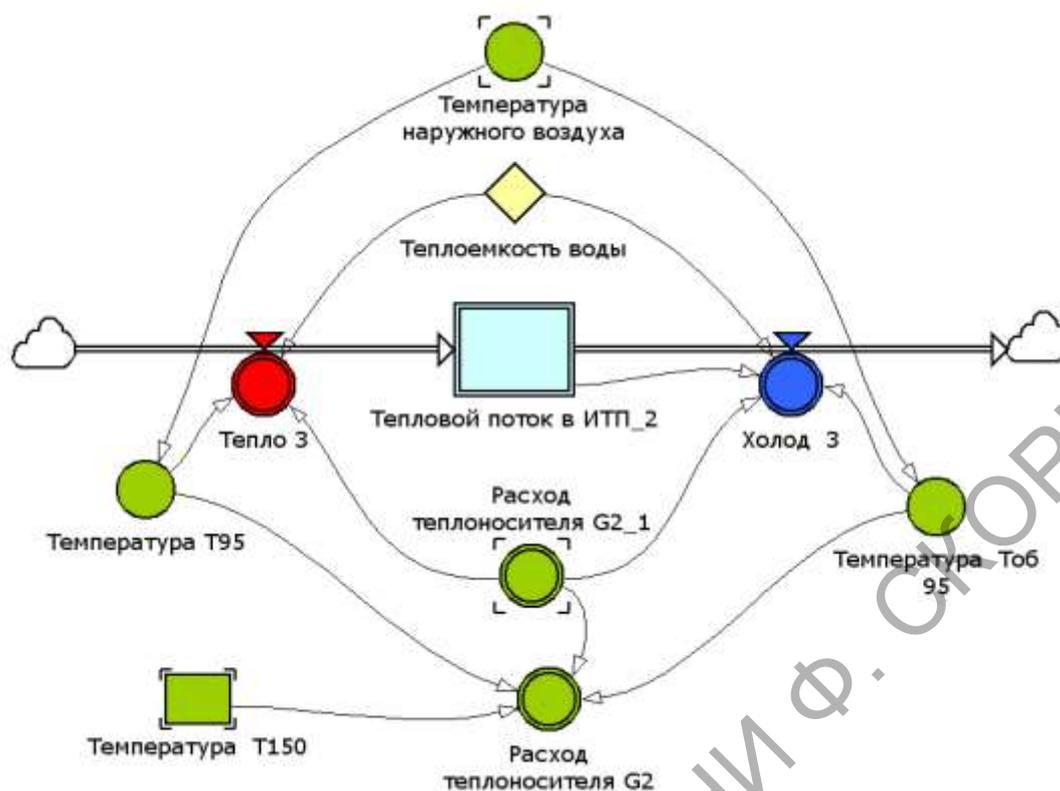


Рисунок 4 – Модель ИТП с системой автоматического регулирования температуры

Для реализации проекта реконструкции тепловых пунктов потребителей необходимы капитальные вложения. Предполагается, что срок окупаемости составит не более трех лет и в дальнейшем будет получен положительный экономический эффект. В ходе проведения имитационного эксперимента при достижении события, когда капитальные вложения компенсируются экономией тепловой энергии, модель выдает сообщение о наступлении этого события (рисунок 5).

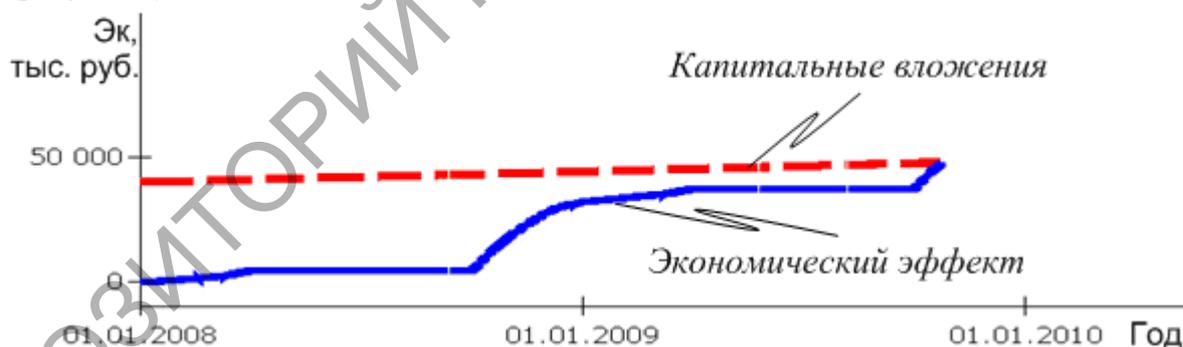


Рисунок 5 – Результат моделирования экономии тепловой энергии

Заключение

Модель структуры системы теплоснабжения позволяет оценить применение систем регулирования температуры теплоносителя на предпроектной стадии их внедрения и принять решение о целесообразности использования таких систем для различных внешних условий.

Резюме. Разработана имитационная модель системы теплоснабжения зданий. Представлены результаты исследования на предпроектной стадии внедрения индивидуальных тепловых пунктов с автоматической системой регулирования температуры теплоносителя.

Abstract. The imitating model of a building heat supply system is developed. The research results at a predesign stage of individual thermal point introduction with automatic regulation system of heat-carrier temperature are presented.

Литература

1. Ионин, А. А. Теплоснабжение / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Бротенков: учебник для ВУЗов. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.: ил.
2. Згуровський, М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. – К.: Видавнична група ВНУ, 2007. – 544 с.: іл.
3. Сидоренко, В. Н. Системно-динамическое моделирование в среде Powersim : справ. по интерфейсу и функциям / В. Н. Сидоренко. – М.: МАКС пресс, 2001. – 159 с. : ил.

Белорусско-Российский университет

Поступило 27.04.10

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ