

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

А.М. Прохоренков

Мурманский государственный технический университет
Россия, 183010, Мурманск, Спортивная ул., 13
E-mail: prohorenkovam@mstu.edu.ru

Ключевые слова: управление теплоснабжением, тепловые сети, тепловые пункты, моделирование систем теплоснабжения, ситуационное управление, нечеткое управление.

Аннотация: В работе приведены результаты исследования характера процессов, протекающих в тепловых сетях. Они показали, что процессы изменения давления можно считать стационарными, а изменения температуры являются или нестационарными по математическому ожиданию или нестационарными по дисперсии. В работе определены факторы, оказывающие существенное влияние на нагрузку котельных и задачи системы управления теплоснабжением для обеспечения потребителей необходимым количеством тепловой энергии, при возможно минимальных затратах на выработку и передачу этой энергии. Для решения задач снижения потерь при передаче тепловой энергии в тепловых сетях, в работе предлагается осуществлять функции оценки планируемой нагрузки и формирования задания на выработку тепловой энергии тепловыми станциями, используя методы ситуационного управления на базе нечеткой логики.

1. Введение

В настоящее время вопросам внедрения ресурсосберегающих технологий в России уделяется значительное внимание. Особенно остро этот вопрос стоит в районах Крайнего Севера. В качестве топлива для городских котельных используется мазут, который доставляется железнодорожным транспортом из центральных регионов России, что существенно повышает стоимость вырабатываемой тепловой энергии. Продолжительность отопительного сезона, особенно в условиях Заполярья, на 2-2,5 месяца длиннее по сравнению с центральными районами страны, что связано с климатическими условиями Крайнего Севера. Снижение затрат на выработку отпускаемой потребителям тепловой энергии возможно только за счет внедрения новых технологий, оборудования, технических средств управления, а также методов оптимизации, позволяющих обеспечить экономическую эффективность работы систем теплоснабжения.

В настоящее время, при существующей системе управления теплоснабжением с центральными тепловыми пунктами (ЦТП), предпочтение отдается не удовлетворению потребностей жильцов, а удобству деятельности теплоснабжающих и эксплуатирующих организаций. Санитарные нормы требуют обеспечения температуры воздуха в квартирах, в пределах допустимого уровня (18-20 °С). Централизованное управление не учитывает теплопроводности зданий, фактических внутренних тепловыделений, поступлений с солнечной радиацией, поэтому оказывается неэффективным с точки зрения оптимального энергопотребления. В отличие от традиционного подхода, в работе предлагается реализация алгоритмов ситуационного управления объектами системы тепло-

снабжения в классе «ситуация – стратегия – действие», которые реализуются на базе нечетких регуляторов.

2. Постановка задачи управления теплоснабжением города

Город Мурманск расположен в особой климатической зоне, характеризующейся резким изменением температуры, направления и скорости ветра даже в течение суток (рис. 1). По данным meteocenter.net диапазон изменения скорости ветра 22.02.18 от 2 м/с в 3 часа ночи до 6 м/с в 9 часов. Для тепловых сетей города Мурманска следует отметить специфические особенности: город расположен на холмистой местности, минимальная высотная отметка 10 м, максимальная – 150 м. Особенности ландшафта приводят к тому, что практически для каждого дома существуют свои индивидуальные характеристики как по солнечной радиации так и по ветровой нагрузке.

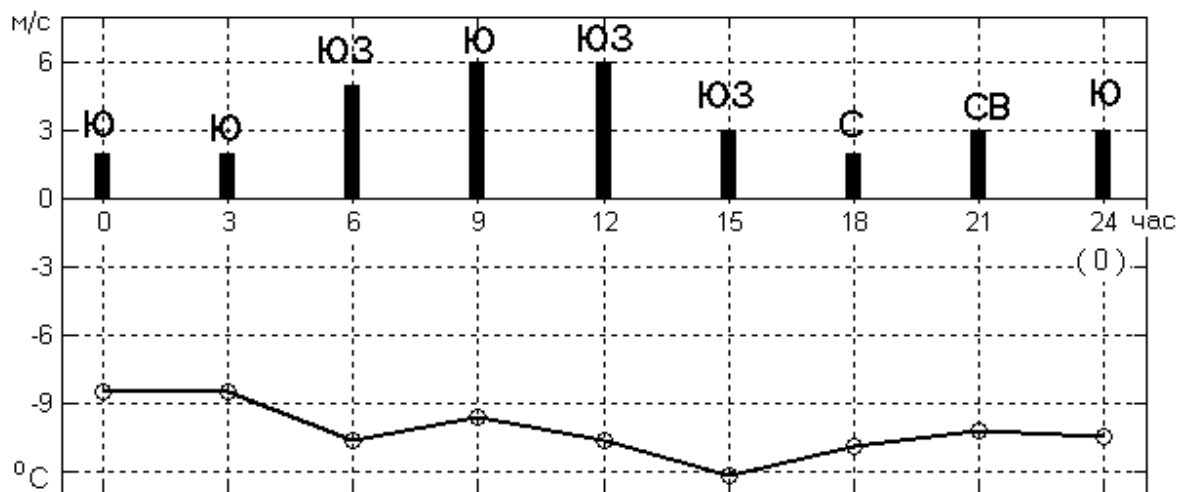


Рис. 1. Изменение направления, скорости ветра и температуры в г. Мурманске 22.02.18.

Как следствие – однотипные здания микрорайонов имеют разные характеристики потребления тепловой энергии. В этой связи формулируем основные задачи систем управления теплоснабжением жилых зон города:

- обеспечение комфортных условий в отапливаемых и вентилируемых помещениях зданий,
 - экономия топливно-энергетических ресурсов,
 - повышение маневренности и надежности системы,
- Регулирование отпуска теплоты в системе теплоснабжения, предусматривает:
- центральное регулирование (на тепловом источнике);
 - групповое регулирование (в ЦТП);
 - местное регулирование (в ИТП, МТП);
 - индивидуальное регулирование (нагревательные приборы в помещениях).

Основные задачи систем управления теплоснабжением объектов коммунальной энергетики сводятся к следующим двум:

- надежное снабжение потребителя необходимым количеством тепловой энергии с определенными качественными показателями.
- минимизация затрат на выработку и передачу этой тепловой энергии.

Первая задача осуществляется с помощью увязки графиков подачи с графиками использования теплоты (нагрузки) посредством системы теплообменных аппаратов.

Вторая – посредством соответствия тепловой нагрузки потребителей ее выработке, то есть при помощи планирования изменения нагрузки и снижения потерь при передаче тепловой энергии. Обеспечение увязки графиков подачи и использования теплоты должно осуществляться за счет применения локальной автоматики на промежуточных ступенях от тепловых станций (ТС) до потребителей тепловой энергии.

Для решения второй задачи в данной работе предлагается осуществлять функции оценки планируемой нагрузки и формирования задания на выработку тепловой энергии ТС, используя методы ситуационного управления на базе нечеткой логики.

3. Использование методов нечеткой логики для ситуационного управления теплоэнергетическими объектами

В отличие от существующей практики за основу управления объектами в основных эксплуатационных режимах предлагается использование методов ситуационного управления. Система принятия решений реализуется на базе советующих систем с нечеткой логикой в классе «ситуация – стратегия управления – действие» [2,4]. Нечеткая логика используется здесь для формализации нечетких понятий, определяющих нагрузку котельной, режимы работы промежуточных ступеней управления при централизованном теплоснабжении [5]. К таким понятиям относятся нечеткие лингвистические переменные сезон, месяц, день недели, время суток, температура наружного воздуха, скорость ветра. Эти факторы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Лингвистические переменные, определяющие нагрузку котельной.

Обозначение	Название	Область значений (универсальное множество)	Термы
$\tau_{\text{сез}}$	Сезон	от 1 января до 31 декабря	«лето», «осень», «зима», «весна»
$\tau_{\text{мес}}$	Месяц	от января до декабря	«январь», «февраль», «март», «апрель», «май», «июнь», «июль», «август», «сентябрь», «октябрь», «ноябрь», «декабрь»
$\tau_{\text{нед}}$	День недели	рабочий или выходной	«рабочий», «выходной»
$\tau_{\text{сут}}$	Время суток	от 00:00 до 24:00	«ночь», «утро», «день», «вечер»
$T_{\text{н.в}}$	Температура наружного воздуха	от -32 до $+32$ °C	«ниже», «-32», «-28», «-24», «-20», «-16», «-12», «-8», «-4», «0», «4», «8», «12», «16», «20», «24», «28», «32», «выше»
$v_{\text{в}}$	Скорость ветра	от 0 до 20 м/с	«0», «5», «10», «15», «выше»

Для проверки работоспособности нечеткого подхода для решения задачи оценки ситуации при формировании заданий на управление тепловой станции разработана модель блока оценки ситуации в среде MATLAB – SIMULINK, которая представлена на

рис. 2. В зависимости от сезона, времени суток, дня недели, а также характеристик наружной среды, блоком оценки ситуаций осуществляется расчет технического состояния, необходимой производительности источников тепловой энергии. Такой подход позволяет решать проблемы экономии топлива от теплофикации, увеличивать степень загрузки основного оборудования, осуществлять эксплуатацию котлов в режимах с оптимальными (наилучшими) значениями КПД [5, 6].

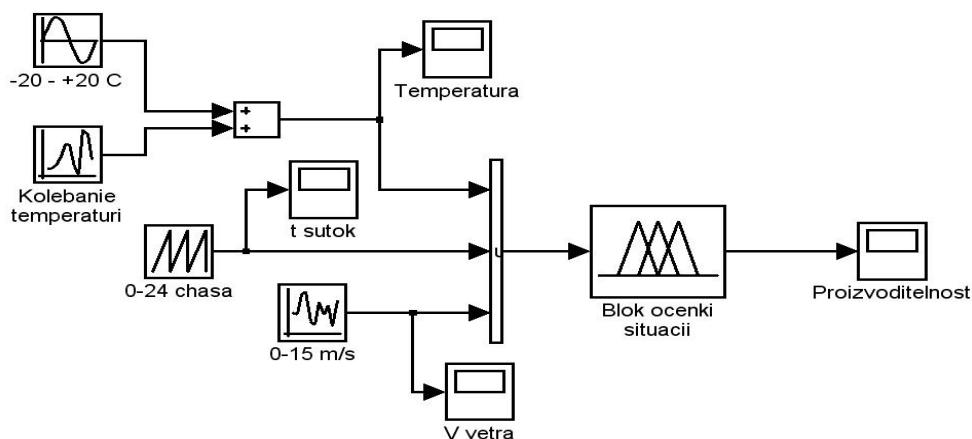


Рис. 2. Модель блока оценки ситуации.

4. Работа нечеткого регулятора в контуре поддержания внутренней температуры

С помощью разработанной полномасштабной модели теплообменного аппарата, в пакете Matlab была реализована схема движения теплоносителя от ЦТП к ИТП. Структура разработанной системы предусматривает подачу в ИТП теплоносителя с учетом заданного графика температуры в помещении [5, 6].

Результаты, полученные при работе нечеткого регулятора в контуре регулирования внутренней температуры, изображены на рис. 3.

На рис. 3 видно, что регулятор на базе нечеткой логики справляется с поставленной задачей. Максимальное несоответствие установленной и фактической температуры не превышает 0,5 град.

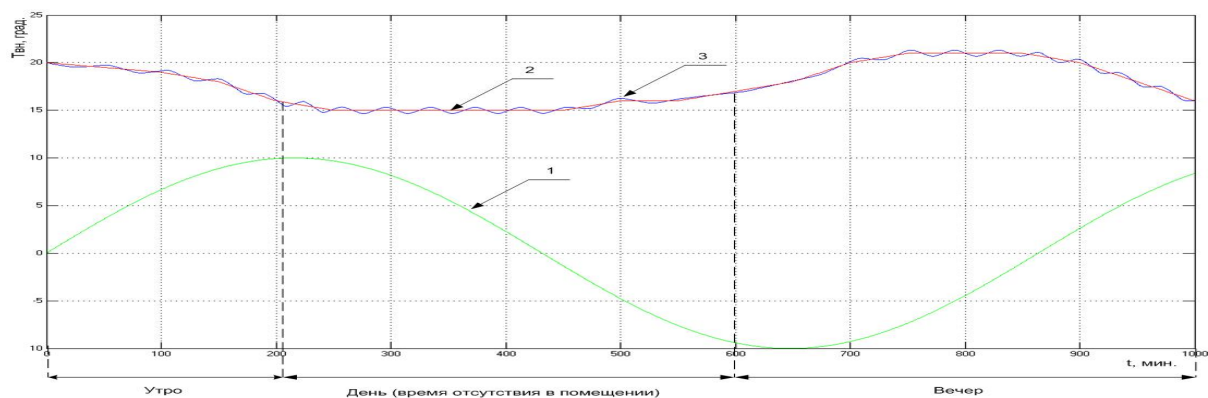


Рис. 3. Графики изменения температуры, где изображены: 1 – температура наружная (окружающая среда жилой зоны), 2 – график задания температуры, 3 – фактическая внутренняя температура.

Кривые переходных процессов, характеризующие изменение регулируемой величины при формировании нового значения задающего воздействия для различных моделируемых структур регуляторов, представлены на рис. 4, где изображены: 1 – двухпозиционный регулятор, 2 – нечеткий регулятор, 3 – график изменения заданной температуры, 4 – нечеткий ПИД-регулятор.

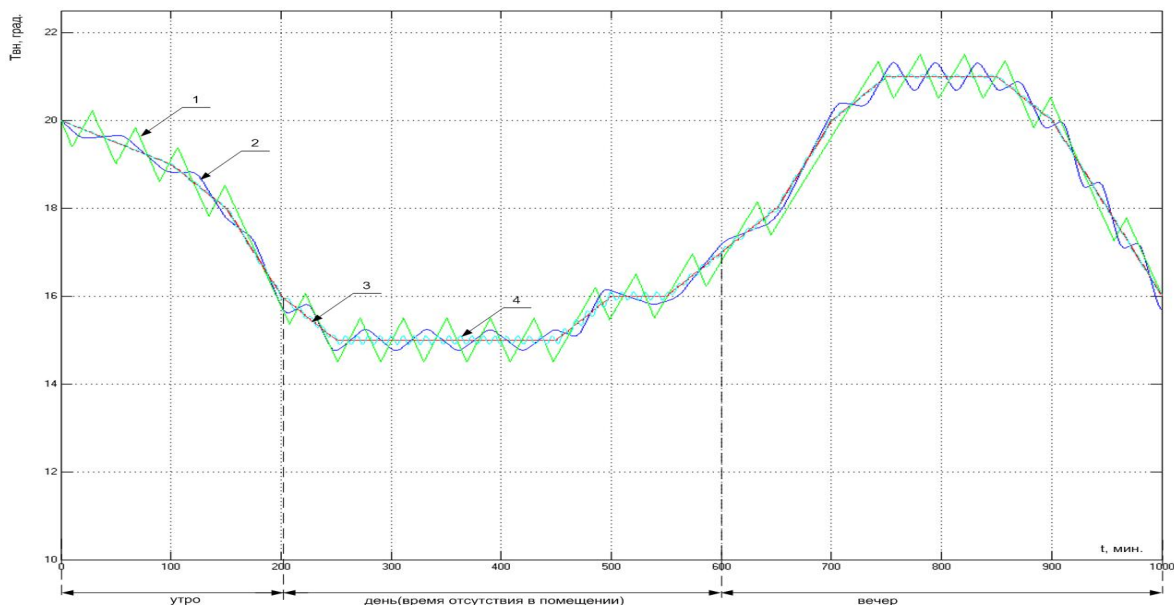


Рис. 4. График изменения температуры в помещении, согласно заданному температурному режиму, при различных структурах регуляторов.

5. Заключение

Полученные результаты моделирования и экспериментальные данные по формированию заданий и их реализации на источниках тепловой энергии и потребителях показали, что появляется возможность отказаться от эксплуатации неэффективных котлов. Снижается удельный расход топлива за счет эксплуатации котлов с оптимальными КПД; появляется возможность организации режимов работы котлов ТС в базовом и регулируемом режиме.

Список литературы

1. Громов Н. К. Городские теплофикационные системы. М.: Энергия, 1974. 256 с.
2. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: учебник / Под ред. Н. Д. Егупова. 2-ое изд., стереотипное. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 744 с.
3. Наладка систем централизованного теплоснабжения. Справочное пособие / И. М. Сорокин и др. М.: Стройиздат, 1979. 224 с.
4. Прохоренков А.М. Реконструкция отопительных котельных на базе информационно-управляющих комплексов // Наука производству. 2000. № 2. С. 51-54.
5. Прохоренков А.М. Методы построения автоматизированной системы распределенного управления теплоснабжением города // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Наука и образование». 2010. № 1 (95). С. 233-244.
6. Теплоснабжение: учебник для вузов / А.А. Ионин и др. Под ред. А.А. Ионина. М.: Стройиздат, 1982. 336 с.