



УДК 681.326.7:532

© 2005 г. В.Н. Бабенко,
Р.С. Кузнецов,
С.И. Орлов,

В.П. Чипулис, д-р техн. наук

(Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток)

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО НАБЛЮДЕНИЯ И АНАЛИЗА РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

В статье описываются функциональные возможности, архитектура и интерфейс информационно-аналитической системы, позволяющей проводить оперативный и ретроспективный анализ режимов функционирования объектов теплоэнергетики. Приводятся выводы об эффективности реальных режимов теплоснабжения, полученные на основе анализа результатов измерений для теплоэнергетических объектов муниципальной сферы г. Владивостока.

Введение

Одним из первых этапов на пути решения проблемы энергосбережения является внедрение на объектах теплоэнергетики (ОТЭ) систем учета тепловой энергии. В последние годы наблюдается прогрессирующий рост установки систем учета. Современное контрольно-измерительное оборудование, составляющее основу этих систем, обеспечивает возможность не только осуществлять измерения с высокой точностью, но и выполнять их первичную обработку, накопление в архивах (часовых, суточных, месячных) с последующей передачей в компьютер. Стало реальностью формирование баз данных результатов измерений для большого числа объектов за значительные интервалы времени (месяцы и годы). Такого рода информация представляет безусловный интерес как для проведения научных исследований, так и для решения конкретных практических задач.

Появление новых возможностей, связанных с использованием информационных технологий в теплоэнергетике, послужило мощным стимулом к разработке различного рода информационных систем (ИС). Эксплуатируемые в настоящее время ИС в теплоэнергетике условно можно

разделить по их функциональному назначению на две группы.

Первую из них составляют ИС для различного рода расчетов на основе нормативно-технической документации по определенной методике. Такие системы в основном используются на стадии проектирования ОТЭ, моделирования различных режимов их функционирования. Как правило, такого рода системы не применимы для анализа уже существующих и длительное время функционирующих объектов теплоэнергетики, поскольку нет реальных данных (измеряемых), необходимых для оценки технического состояния объекта.

Основной особенностью другой разновидности ИС является то обстоятельство, что в их основу положена система сбора данных. В таких ИС (их принято называть информационно-измерительными системами) предусмотрены механизм измерения текущих параметров объектов, а также средства накопления и передачи данных, кроме того, обычно реализована система мониторинга и отчетности. Но и эти системы не всегда оснащены адекватными средствами анализа собираемых данных или являются весьма дорогостоящими как изначально, так и по эксплуатационным расходам.

Системы, в которых существенный акцент делается на анализе результатов измерений, связанном с решением отмеченных выше задач, будем называть информационно-аналитическими (ИАС). Информационно-аналитические системы, в отличие от простых систем сбора данных, могут рассматриваться, с одной стороны, с точки зрения их разработки и эксплуатации, а с другой стороны – в качестве источника данных для анализа, решения задач диагностики, прогнозирования поведения объекта и предотвращения аварийных режимов при эксплуатации.

В данной работе кратко описываются структура, функциональные возможности и опыт эксплуатации информационно-аналитической системы мониторинга и анализа режимов функционирования объектов-потребителей тепловой энергии, разработанной в Институте автоматики и процессов управления Дальневосточного научного центра совместно со специалистами АО «ВИРА» [1, 2].

Класс объектов-потребителей тепловой энергии характеризуется относительной простотой отдельного объекта, небольшим количеством измеряемых параметров, а также их совокупной множественностью и похожестью. Последние две особенности обуславливают целесообразность выделения и анализа групп объектов, объединяемых общностью их территориального расположения, административного или ведомственного подчинения, типа установленных на них контрольно-измерительного оборудования и т.д. Это позволяет не только анализировать режимы функционирования отдельных объектов потребителей тепловой энергии (в первую очередь с целью определения степени соответствия требованиям нормативной базы с последующей, при необходимости, их корректировкой), но и формировать интегральную картину теплопотребления для выделенных

групп объектов.

Система решает следующие основные задачи:

- получение достоверных данных о гидравлических и тепловых режимах функционирования ОТЭ;

- обеспечение ресурсосберегающих режимов функционирования ОТЭ; своевременное выявление нештатных, критических и предупреждение аварийных ситуаций, возникающих при эксплуатации ОТЭС;

- упорядочение экономических взаимоотношений между поставщиками и потребителями тепловой энергии и воды, наблюдение за исполнением договорных обязательств, разрешение конфликтных ситуаций;

- сокращение эксплуатационных расходов на поддержание работоспособности ОТЭ и средств измерений;

- обеспечение надежного функционирования средств измерений;

- экономическое обоснование норм потребления и тарифов на энергоресурсы.

Общее описание системы

Для выполнения задач, связанных с обработкой информации, система имеет набор программных модулей. Каждый модуль предназначен для решения определенной задачи полностью или в составе нескольких модулей. При этом задачи концентрируются в трех направлениях – наблюдение (мониторинг) в реальном времени режимов функционирования объектов, оперативный анализ (экспресс-анализ) и ретроспективный анализ результатов измерений. Мониторинг осуществляется в процессе функционирования объекта по назначению. Оперативный анализ выполняется за промежуток времени, ограниченный двумя последними циклами съема результатов измерений, и не требует вмешательства пользователя. Ретроспективный анализ основан на обработке архивной информации, получаемой из памяти тепловычислителя или базы данных системы за любой интересующий пользователя промежуток времени, и выполняется с активным участием пользователя.

Очевидно, что мониторинг возможен лишь для тех объектов, которые связаны с компьютером, оснащенным программными средствами системы с помощью интерфейсной или модемной связи. Ретроспективный и экспресс-анализ, помимо этого, могут допускать считывание данных из архива тепловычислителей лишь в момент посещения пользователем теплового узла, на котором установлено измерительное оборудование (например, с помощью оптической головки).

Основные функции системы

Главное меню системы представлено на рис 1. Кнопкам главного меню поставлены в соответствие модули системы.

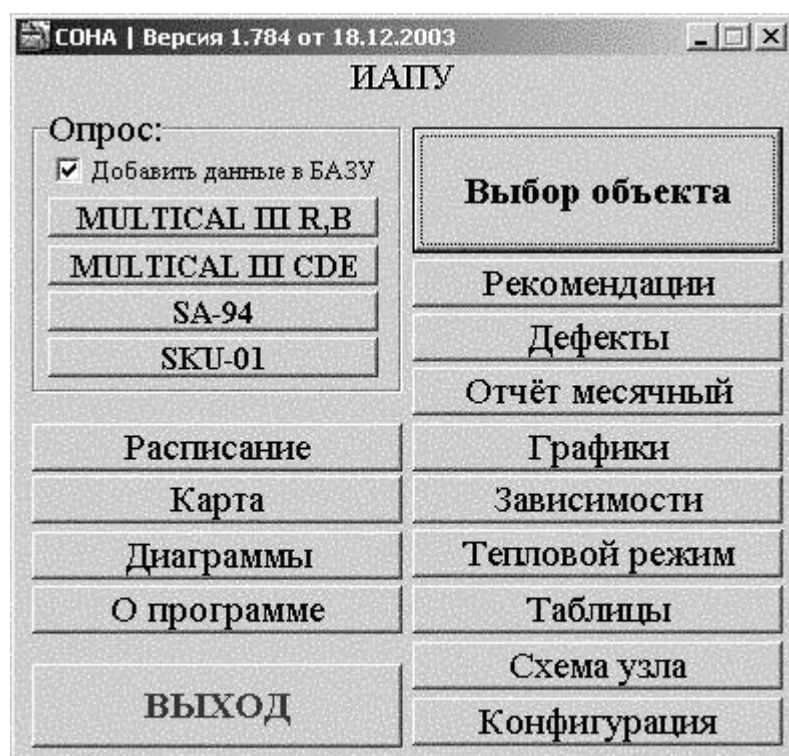


Рис. 1. Главное меню.

Для работы модулей с конкретным объектом (группой объектов) необходимо настроить интерфейс системы на определенный объект или группу. Для этих целей предназначен модуль выбора объекта, активизирующийся одноименной кнопкой главного меню системы. После этой процедуры пользователь получает доступ к операциям, относящимся к данному объекту. Выбору помогает некоторая дополнительная информация об объекте, представленная

в окне модуля: адрес потребителя, телефон и др.

Кратко опишем основные функции СОНА по сбору, анализу и визуализации данных измерений, а также настройки системы на работу с определенным объектом.

Модуль «Опрос» поддерживает различные виды передачи данных из архивов тепловычислителей в компьютер:

- прямая связь с помощью непосредственной проводной связи (интерфейс RS-232C);
- с помощью модемной связи (по телефонной линии);
- с помощью оптической головки (при условии соответствующей комплектации измерительного оборудования).

В данный момент модуль поддерживает приборы MULTICAL III моделей B, R, C, D, E; SA-94, SKU-01, SKU-1, BKT-7.

Модуль «Конфигурация» позволяет отобразить общие сведения об объекте, приборах учета, а также служит для задания перечня основных ограничений, используемых при определении соответствия функционирования теплового узла и приборов учета требованиям нормативных документов. Значения величин ограничений устанавливаются по согласованию с пользователем, с учетом реального графика отопительного режима источника теплоты.

Модуль «Схема узла» позволяет визуализировать схему теплового узла после установки на нем приборов учета. Предусмотрена возможность фрагментарного отображения схемы, если она целиком не может быть вы-

ведена на экран монитора.

Модуль «Отчет месячный» позволяет вывести месячный отчет за потребляемые ресурсы в соответствии с требованиями «Правил учета...» и пожеланиями теплоснабжающей организации. Предусмотрена возможность вывода отчета с данными за каждые сутки отчетного периода или с данными за 25 число предыдущего месяца и 5, 15, 25 – текущего.

Наиболее информативными и регулярно используемыми в процессе сервисного обслуживания возможностями, отраженными в главном меню, являются «Графики», «Таблицы», «Нарушения», «Рекомендации». Графики, таблицы, нарушения и рекомендации привязываются пользователем к определенному промежутку времени, который может быть задан с клавиатуры или с помощью календаря.

Модуль «Графики» (рис. 2) позволяет визуализировать графики всех измеряемых и вычисляемых параметров.

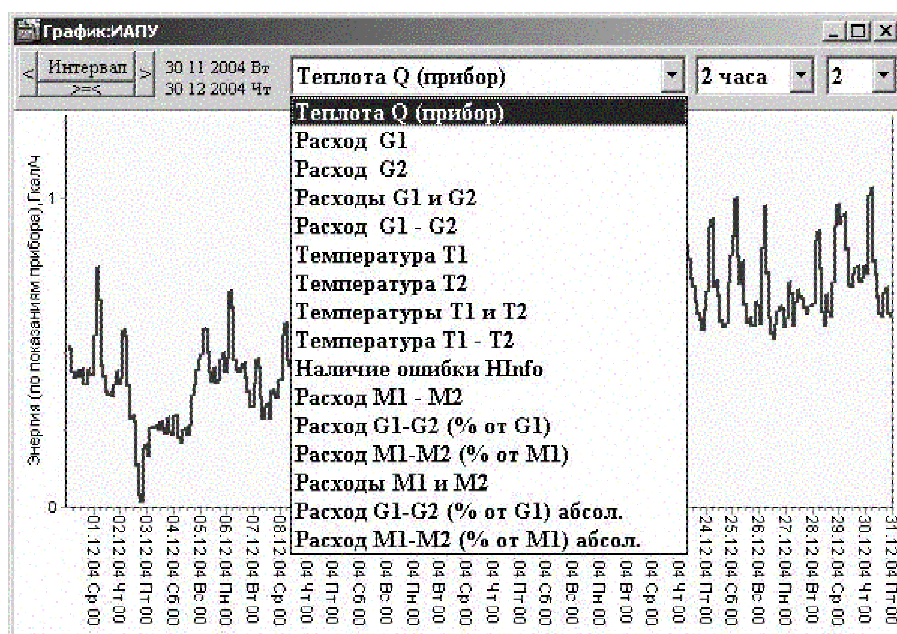


Рис. 2. Графики – список выбора параметров.

Предусмотрены возможности одновременного отображения нескольких графиков в одном или разных окнах, изменения масштабов графиков, их сглаживание, усреднение значений с задаваемым периодом. На поле экрана цветами выделены зоны значений параметров с точки зрения их соответствия требованиям нормативных документов и конфигурацией объекта. Зеленый (красный) цвета отражают зоны допустимых (недопустимых) значений параметров. Желтый цвет выделяет ту зону, которая соответствует отклонению параметра от нормы, однако оно не является критичным с точки зрения достоверности отображаемой величины.

По данным измерений в модуле «Графики» может быть сформирован график «Среднее по часам», усредняющий значения параметра в определенном интервале времени по часам суток. Использование этого графика

полезно, в частности, при подозрении на несанкционированный водозабор в закрытой системе отопления.

Модуль «Таблица» служит для перехода к визуальному отображению архивной информации в табличной форме, удобной как для непосредственного анализа данных с экрана дисплея, так и при подготовке документов. Интервал усреднения значений отображаемых параметров может изменяться с использованием соответствующего переключателя: 1 час, 6 час, ... 1 год.

Модуль «Дефекты» служит для формирования и вывода на экран дисплея списка нарушений режима работы ОТВС, то есть отклонений режимов функционирования объектов (а также дефектов измерительных приборов в виде кодов ошибок) от требований нормативной базы и договорных соглашений. Все возникшие за указанный пользователем период дефекты привязаны ко времени их появления. Основные нарушения, выделяемые в результате анализа данных измерений в описываемой версии СОНА, следующие:

- превышение величины договорного расхода сетевой воды; превышение максимальной договорной нагрузки;

- работа датчиков вне диапазона требуемой точности измерений;

- превышение модуля разности расходов в прямом и обратном трубопроводах закрытой системы теплоснабжения допустимой величины;

- температура теплоносителя в прямом (обратном) трубопроводе меньше допустимой величины;

- разность температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах меньше допустимой;

- информационный код ошибки с указанием причины ее возникновения;

- несанкционированный водозабор в закрытой системе теплоснабжения;

- неадекватное соотношение параметров расход-разность температур.

Второй по значимости и частоте использования (после «Графиков») модуль «Рекомендации» ориентирован на оценку общей ситуации с теплоснабжением за заданный период времени. Помимо этого, здесь формулируются предупреждения и рекомендации потребителю с точки зрения корректировки режимов функционирования теплового узла таким образом, чтобы к концу отчетного периода не было отклонений от нормы по основным контролируемым теплоснабжающей организацией параметрам (расход теплоносителя, разность температур, разность расходов, тепловая нагрузка).

Кроме того, модулем формируются рекомендации в словесном выражении по изменению теплового и/или гидравлическому режиму работы объекта. Модуль рассчитывает оставшийся до конца отчетного периода ресурс и предлагает установить соответствующий параметр в определенное

значение.

Модуль «Тепловой режим» формирует графики, которые можно подразделить на две группы. Первая из них отражает динамику изменения во времени параметров теплопотребления, вторая – зависимости этих параметров от температуры наружного воздуха ($T_{нв}$).

Меню графиков первой группы дает возможность пользователю визуализировать следующие графики (ниже описываются некоторые из них).

1. Тепловая энергия. На графике одновременно отображаются изменения во времени значений средних величин (интервал усреднения задается пользователем) фактической – по показаниям приборов и нормативной потребляемой тепловой энергии. Нормативное теплопотребление вычисляется системой по значениям максимальной тепловой нагрузки (из договора с теплоснабжающей организацией) и среднесуточной фактической $T_{нв}$.

2. Температура теплоносителя. На графике отображаются средние нормативные значения температуры теплоносителя на источнике (согласно температурному графику источника теплоты) и фактической температуре в прямом трубопроводе потребителя на фоне температур наружного воздуха – фактической среднесуточной и статистической среднемесячной по данным за последние 50 лет.

Подобные семейства графиков формируются для температуры теплоносителя в обратном трубопроводе и разности температур.

3. Фактическое теплопотребление. На графике указывается доля фактического теплопотребления (в процентах) к нормативному.

4. Дефицит тепловой энергии. График показывает долю дефицита тепловой энергии (разницу между нормативной и фактической) от нормативной.

Меню графиков второй группы предоставляет пользователю следующие возможности:

1. Температурный график источника теплоты, питающего данного потребителя.

2. Температура теплоносителя в прямом трубопроводе потребителя. Показывается график изменения коридора среднесуточных значений температур в прямом трубопроводе потребителя на фоне нормативных температур теплоносителя в прямом трубопроводе источника (верхняя часть температурного графика источника). В коридоре проводится линия, соответствующая средним значениям температуры теплоносителя для каждого значения $T_{нв}$.

Подобные семейства графиков формируются для температуры теплоносителя в обратном трубопроводе и разности температур.

Модуль «Диаграммы» анализирует показатели теплопотребления для группы объектов и поэтому первоначально предлагает пользователю сформировать такую группу. Эту функцию выполняет фильтр, выделяю-

щий объекты по ряду признаков, указываемых пользователем:
территориальная принадлежность (например, район города);
ведомственная принадлежность;
источник теплоты, питающий объект;
тип приборов учета теплоты;
другие реквизиты ОТВС.

Результатом работы фильтра может быть, например, группа объектов народного образования (ведомство), расположенных в районе X (территория) и питаемых от источника Y.

Модуль «Диаграммы» обрабатывает информацию по нескольким объектам в целях отображения общих или суммарных показателей. Алгоритмы оперируют с такими параметрами как температура теплоносителя в прямом, обратном трубопроводе, расход теплоносителя, температура окружающего воздуха, потребленная тепловая энергия, а также нормативные параметры и зависимости этих параметров. Для каждой из выделенных групп объектов система позволяет построить следующие семейства диаграмм показателей теплоснабжения за указываемый пользователем интервал времени:

1. Тепловая энергия. Формируются тройки столбцов, каждый из которых соответствует значению нормативной, расчетной (по счетам тепло-снабжающей организации) и фактической потребленной тепловой энергии. Эти тройки по желанию пользователя визуализируются в трех вариантах:

для каждого месяца анализируемого интервала времени всех (суммарно) объектов группы;

для каждого объекта из группы за весь интервал времени;

для всех (суммарно) объектов группы за весь интервал времени.

Для каждого из столбцов диаграмм (здесь и далее) может указываться соответствующее ему числовое значение.

2. Цена/качество. Формируются аналогичные предыдущему случаю три семейства троек столбцов, соответствующих нормативному теплоснабжению, дефициту тепла и экономии (разницы между расчетным и фактическим теплоснабжением).

3. Относительное теплоснабжение. Формируются три семейства троек столбцов, указывающих доли (в процентах) расчетного, фактического и недополученного (по сравнению с расчетным) количества тепловой энергии.

4. Температура теплоносителя. Формируются три семейства одиночных столбцов, соответствующих температуре теплоносителя в прямом трубопроводе.

Набор диаграмм «по объектам» позволяет в наглядной форме просмотреть средние значения расходов теплоносителя за весь обрабатываемый интервал времени по каждому объекту.

Для усредненного обзора расхода теплоносителя по всем выбранным

объектам за весь интервал времени необходимо сформировать диаграммы типа «сумма».

Модуль «Карта» (рис. 3) позволяет разместить и отображать объекты на фоне географической карты.

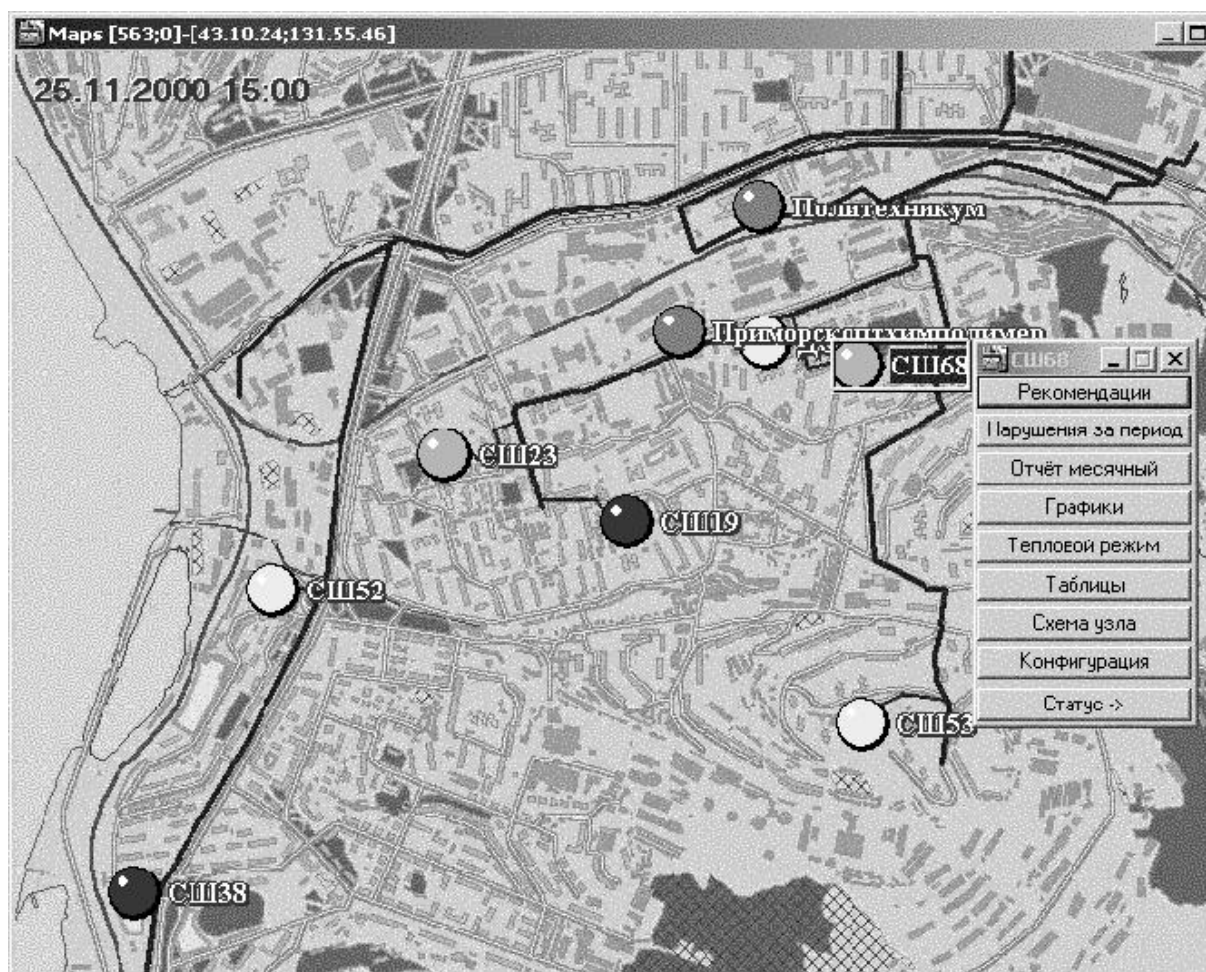


Рис. 3. Карта – индикация и выбор объекта.

При этом каждый объект может быть выделен определенным цветом, который говорит о его состоянии. При выделении объекта появляется окно его свойств, из которого пользователь может посмотреть рекомендации по объекту, графики и др. Положение объектов на карте пользователь задает либо вручную, перетаскивая значок-объект, либо указав его координаты в конфигурации. Масштаб карты может изменяться порайонно.

Применение данного модуля удобно для организаций, занимающихся сервисным обслуживанием тепловых узлов и установленных на них приборов учета, теплоснабжающих организаций и потребителей с большим количеством обслуживаемого теплового оборудования.

Модуль «Зависимости» позволяет оценить зависимость значений некоторых параметров между собой. Визуально модуль представляет собой разновидность графиков, на котором зависимости представлены множеством точек, а осями при этом являются выбираемые пользователем пара-

метры. Доступны следующие параметры для выявления зависимостей:

- теплота Q ;
- расход $G1$ (в прямом трубопроводе), $G2$ (в обратном), $G1$ и $G2$, разность $G1 - G2$, расход $G1 - G2$ в процентах от $G1$;
- температура $T1$, $T2$, $T1$ и $T2$, разность температур $T1 - T2$;
- расход $M1$, $M2$, $M1$ и $M2$, $M1 - M2$, $M1 - M2$ в процентах от $M1$;
- время t ;
- температура окружающего (наружного) воздуха $T_{нв}$.

Имеется возможность сменить интервал времени для обработки и визуализации, усреднить обрабатываемые величины по времени, а также отфильтровать исходные данные по времени суток и диапазону значений.

Для выбранных параметров вычисляются линейная зависимость между их значениями и коэффициент детерминации R^2 , показывающий значимость этой зависимости.

Заключение

ИАС СОНА активно используется при сервисном обслуживании тепловых узлов и установленных на них приборов учета в Приморском крае, в основном во Владивостоке и Артеме. Результаты эксплуатации СОНА на значительной группе объектов, в основном социальной сферы, позволили выявить фактическую ситуацию с теплоснабжением Владивостока, ситуацию бесспорно критическую, что, впрочем, не явилось большим открытием. Выделим связанные с этим отдельные моменты, представляющие, на наш взгляд, несомненный интерес (рассмотрена выборка результатов измерений за один из отопительных сезонов – 2000/01 гг.).

Явно не соответствующая декларируемым отопительным графикам основных источников теплоты температура теплоносителя (рис. 4). Среднемесячные температуры теплоносителя от 47°C до 67°C за отопительный период.

Полное отсутствие зависимости температуры теплоносителя от температуры наружного воздуха при принятом в регионе качественном регулировании теплоты.

Значительный дефицит (рис. 5) поступающей от источников на объекты теплоты (в среднем от 30% до 70% для различных источников теплоты). Значительные колебания перепада давлений на входах тепловых узлов. Периодический выход расхода теплоносителя за пределы допустимых измерительными приборами величин.

Завышенная циркуляция сетевой воды для муниципальных источников теплоты, питающих объекты наблюдения, – 220-260% нормы.

Завышенный расход сетевой воды в системе отопления большинства объектов и, как следствие, заниженная разность температур (в прямом и обратном трубопроводах).

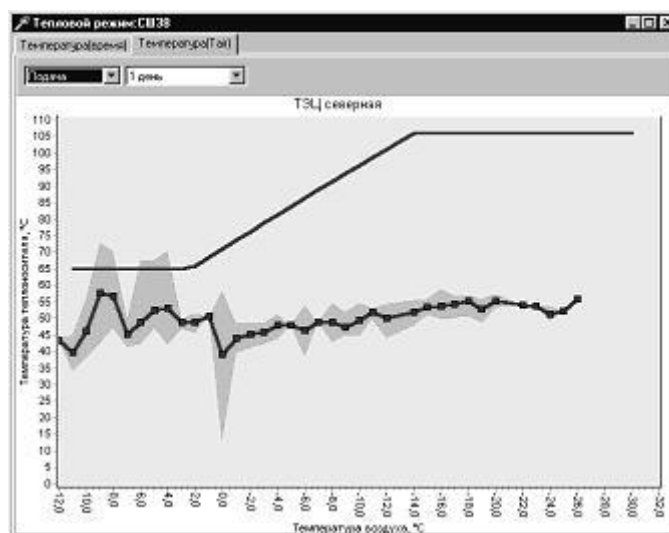


Рис. 4. Тепловой режим.

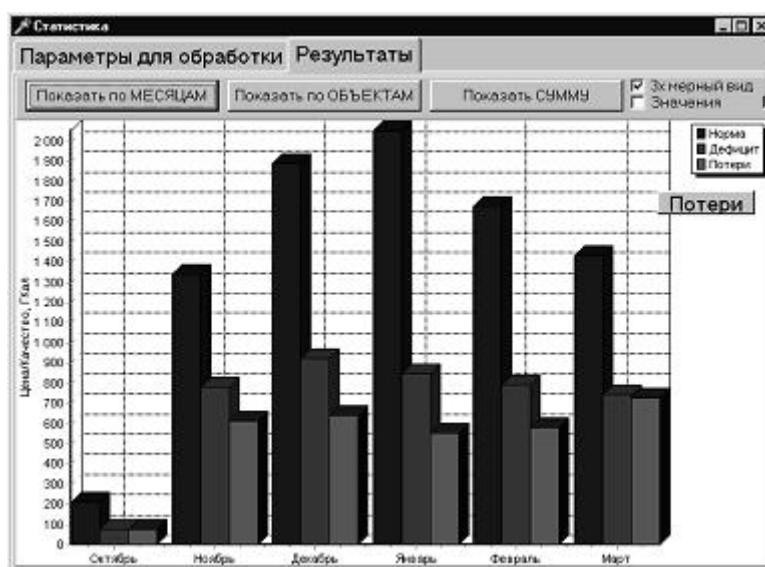


Рис. 5. Статистика – диаграммы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малышко А.В., Михальцов С.А., Разумов С.В., Чипулис В.П. Информационно-аналитическая система оперативного наблюдения и ретроспективного анализа режимов функционирования источников теплоты // Материалы 15-й междунар. науч.-практ. конф. «Коммерческий учет энергоносителей». СПб., 2002. С. 339-342.
2. Бабенко В.Н., Малышко А.В., Михальцов А.С., Чипулис В.П. Функциональные возможности информационно-аналитической системы оперативного наблюдения и анализа режимов функционирования объектов теплоэнергетики СОИА. // Препринт 6-2004. Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2004.

Статья представлена к публикации членом редколлегии О.В. Абрамовым.