

05.13.10

Г 79

На правах рукописи

ГРЕБЕНЮК Владимир Фёдорович

**УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕНИЕМ
КОМПЛЕКСОВ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ
ТЕХНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-
ЭКОНОМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ**

Специальность 05.13.10 – «Управление в социальных
и экономических системах»

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Челябинск – 2001

Работа выполнена в Оренбургском государственном университете и Южно-Уральском государственном университете.

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор **Логиновский О.В.**

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор **Казаринов Л.С.**,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник **Языков А.Е.**

Ведущая организация –
ЗАО Промышленная группа "Метран"

Защита состоится 14 ноября 2001 года в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.298.03 в Южно-Уральском государственном университете по адресу: 454080, г.Челябинск, пр.им. В.И.Ленина, 76 (конференц-зал, ауд. 244).

С содержанием диссертации можно ознакомиться в библиотеке Южно-Уральского государственного университета.

Автореферат разослан "12" октября 2001г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент



А.М.Коровин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В диссертации изложены основные научные результаты, полученные и опубликованные автором в 1997-2001 гг., связанные с задачами совершенствования управления жизнеобеспечением комплексов зданий с использованием современных математических методов и автоматизированных систем.

Исследованиям вопросов теплофикации и тепловых сетей, а также обеспечению тепловой энергией комплексов зданий и сооружений посвящены работы М.А. Аксенова, Р.З. Алимова, А.И. Андрищенко, С.Я. Белинского, Б.Г. Борисова, В.Н. Братенкова, А.С. Булычева, Б.И. Генкина, Л.Л. Гинтера, А.С. Глуховского, Г.Н. Делягина, В.В. Дмитриева, В.А. Иванова, А.А. Ионина, Л.С. Казаринова, М.И. Карлинской, Л.И. Керцелли, Н.Ф. Коганова, С.Д. Копьева, Н.В. Кузнецова, Д.Р. Носулько, И.И. Павлова, В.И. Панферова, И.А. Смирнова, Е.Я. Соколова, И.Г. Староверова, В.П. Туркина, В.С. Фаликова, М.Н. Федорова, Ю.М. Хлебалина, Б.М. Хлыбова, Л.С. Хрилева, С.Ф. Чистякова, А.И. Юфа.

В развитии современных математических и других методов и технологических решений, автоматизированных систем и новаторских разработок в области теории и практики управления муниципальными образованиями и развитием инженерных коммуникаций вообще и систем жизнеобеспечения промышленных и жилищно-коммунальных объектов в частности значительный вклад внесли В.К. Аверьянов, А.А. Ахтырский, В.Н. Богословский, Л.Д. Богуславский, В.Н. Бурков, А.Г. Вигдорчик, В.П. Витальев, В.А. Горбатов, Н.К. Громов, М.Б. Иванов, С.И. Иванов, А.В. Казьменко, П.Н. Каменев, Б.А. Крупская, Б.Н. Курицын, О.В. Логиновский, А.А. Лямин, А.А. Макаров, С.А. Редкозубов, В.Н. Решетников, А.П. Сафонов, А.Н. Сканави, Л.Г. Скрицкий, Ю.Я. Темпель, Э.Б. Хиж, С.А. Чистович, Ю.И. Шиллер, Е.П. Шубин и др.

Актуальность темы. Совершенствование функционирования систем жизнеобеспечения самых различных объектов (предприятий, организаций, жилищно-коммунальных комплексов и др.) является важной народнохозяйственной задачей. Однако в современных социально-экономических условиях, связанных, с одной стороны, с возрастанием потребности во всех видах энергетических ресурсов, а, с другой, с ограниченностью возможностей их потребления в связи с растущей динамикой цен на энергоресурсы и специфическими особенностями распределения и установления стоимости энергоносителей, вопросы управления жизнеобеспечением различных объектов, зданий и сооружений приобретают особую актуальность. В данной диссертационной работе сделана попытка решить одну из наиболее важных для климатических условий России задач – управления теплоснабжением для жилых, административных и технических комплексов.

Энергетические кризисы, наблюдавшиеся в некоторых российских регионах в последние годы четко высветили необходимость устойчивого функционирования городов и других населенных мест, прежде всего, в вопросах обеспечения тепловой энергией. Именно поэтому автором в проводимых им исследованиях совершенствования управления муниципальным хозяйством и систем жизнеобеспечения (водоснабжения и водоотведения, теплоснабжения, электро-снабжения, газоснабжения и др.) различных муниципальных и корпоративных объектов основной приоритет был отдан теплообеспечению комплексов зданий, объединенных в некую систему на основе рационального управления потреблением теплового ресурса.

693.
43.

Южно-Уральский
гос. университет
ПАВИНА С

Анализ исследований и систем группового регулирования отопительной нагрузки, построенных на основе математического моделирования показывает, что поиски и результаты решения подобных задач традиционно осуществляются в интересах тех, кто создает сети и системы теплоснабжения или является поставщиком энергетических ресурсов. В тоже время непосредственно пользователи указанных сетей и систем вынуждены оплачивать все более дорогостоящие системы, многочисленные средства и устройства, предлагаемые к реализации бытующими подходами к развитию теплообеспечения городов в рамках кардинальной модернизации всех подсистем и узлов систем теплоснабжения. Поэтому в условиях начавшейся реформы жилищно-коммунального хозяйства, на взгляд автора, необходим новый, разработанный в диссертационной работе подход к управлению теплообеспечением технических комплексов, который дал бы возможность повысить эффективность существующих на настоящее время систем обеспечения тепловой энергией. При этом подходе улучшение управления системой теплообеспечения достигается за счет повышения качества оперативного мониторинга расхода теплоты, а также совершенствования организации и сокращения количества обслуживающего персонала.

Связь диссертации с государственными научными программами.

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с научной программой "Синтез, реализация и исследование эффективности оптимальных технических и организационных систем" в Оренбургском государственном университете, номер государственной регистрации 01890033607, а также программой научных исследований по совершенствованию муниципального управления и хозяйства г. Челябинска на период 1997-2000гг.

Цель диссертационной работы – разработка подхода и методологии управления теплоснабжением жилых, административных и технических комплексов зданий и сооружений на основе интеграции технических и организационно-экономических компонентов как важного элемента жизнеобеспечения в системе объектов муниципального хозяйства городов и населенных мест.

Для достижения поставленной цели поставлены и решены следующие задачи.

1. Обобщение опыта группового регулирования теплоснабжением на основе математического моделирования и формирование концепции оптимизации управления теплоснабжением комплексов зданий и сооружений в интересах получателей тепловой энергии.
2. Разработка постановки и математической модели задачи управления теплообеспечением сложных жилых, административных и технических комплексов с теплоисточником.
3. Развитие интегрированной информационной системы муниципального образования в части разработки системы управления теплообеспечением комплексов зданий и сооружений.
4. Формирование методики создания эффективной системы управления теплообеспечением, включая подсистемы экономического анализа, диагностики и оптимизации отопления, устранения неисправностей, мониторинга управления качеством теплообеспечения и управления обслуживающим персоналом.
5. Разработка механизмов реализации системы и анализ эффективности полученных практических результатов на базе комплекса зданий Оренбургского государственного университета.

Методы исследования. Теоретической и методологической основой диссертационного исследования являются методы общей теории систем, теории управления, математического моделирования, факторного и функционального анализа, теории массового обслуживания.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

- сформулирован новый подход к управлению жизнеобеспечению жилых, административных и технических комплексов на основе концепции управления существующими системами жизнеобеспечения, оптимизирующими потребление тепловых и других видов ресурсов в интересах получателей;
- разработана оригинальная постановка и математическая модели задачи управления теплообеспечением комплексов зданий и сооружений;
- разработана новая методика создания эффективной системы управления тепловыми ресурсами для групп зданий и сооружений, объединенных в комплекс на основе единых пользовательских интересов и технологической обособленности.

Практическая ценность работы заключается в создании адекватной информационно-технической модели управления потреблением тепловой энергии для комплексов зданий и сооружений на основе разработанных в диссертации математической модели, алгоритма, программного и аппаратного обеспечения, а также критериев и методов оценки качества функционирования рассматриваемой задачи.

Все основные разработанные в диссертации научные положения и результаты доведены до практической реализации на примере комплекса зданий и сооружений Оренбургского государственного университета (ОГУ). На основе представленной в диссертационной работе методики разработан и внедрен в промышленную эксплуатацию проект управления системой теплоснабжения и другими видами ресурсов в ОГУ. Указанная методика предложена для практического использования руководству муниципалитетов г.Оренбурга и г.Челябинска, а также Южно-Уральскому государственному университету. Подготовленные на основе диссертационного исследования научно-методические рекомендации изданы как практические и учебные пособия и используются в учебном процессе ОГУ.

Апробация работы. Положения и результаты диссертационного исследования были представлены и обсуждены на международной конференции “Управление проектами: Восток–Запад: грань тысячелетий” (Москва, декабрь 1999г.); на четвертой Российской научно-технической конференции “Прогрессивные методы эксплуатации и ремонта транспортных средств” (Оренбург, декабрь 1999г.); на всероссийской научно-практической конференции “Социокультурная динамика региона. Наука. Культура. Образование” (Оренбург, ОГУ, 2000г.); на межрегиональном научно-практическом семинаре “Информационно-аналитические компьютерные системы и технологии в региональном и муниципальном управлении” (Челябинск, Администрация Челябинской области, ЮУрГУ, 2000г.); на международной юбилейной научно-практической конференции, посвященной 30-летию ОГУ “Учебная, научно-производственная и инновационная деятельность высшей школы в современных условиях” (Оренбург, ОГУ, 2001г.).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и результатов, списка литературы, вклю-

чающего 103 наименования, содержит 138 страниц основного текста, 5 таблиц и 24 рисунка.

Публикации. Основные положения и результаты диссертационного исследования изложены в десяти печатных работах, две из которых – научные монографии.

На защиту выносятся следующие основные положения.

1. Результаты анализа существующих подходов, методов и моделей проектирования и управления теплообеспечением в системах группового регулирования отопительной нагрузки.

2. Теоретическое обоснование принципов, подходов и методов управления жизнеобеспечением существующих жилых, административных и технических комплексов в условиях жилищно-коммунальной реформы.

3. Математическая модель задачи управления теплообеспечением комплексов зданий и сооружений, учитывающая интересы получателей (потребителей) тепловой энергии.

4. Методика создания эффективной системы управления тепловыми ресурсами для комплексов зданий и сооружений, объединенных единством пользовательских интересов, а также технологической и дислокационной обособленностью.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В составе основных вопросов муниципального управления (так называемого местного значения), определенных в Федеральном законе «Об общих принципах организации местного самоуправления РФ» проблема организации содержания и развития муниципальных энерго-, газо-, тепло- и водоснабжения и канализации имеет особо важное значение, как определяющая по сути основу системы жизнеобеспечения всех объектов, находящихся на территории муниципальных образований, и населения там проживающего. В климатических условиях РФ, ключевая роль в этой системе принадлежит, без сомнения, системе теплоснабжения, без нормального функционирования которой немыслима повседневная деятельность всего хозяйственного комплекса страны.

Выполненный в диссертационной работе анализ проблем управления жизнеобеспечением, а также современных методов проектирования систем теплоснабжения и опыта группового регулирования теплообеспечением жилых, административных и технических комплексов с использованием математических методов позволили рассмотреть данную проблему не традиционно, то есть с позиции тех организаций и предприятий, которые осуществляют проектирование и создание теплоэнергетических систем и предоставление соответствующих услуг потребителям, а в интересах муниципальных организаций и таких пользователей, как УЖКХ, ЖЭКи, предприятия и заведения, эксплуатирующие самостоятельные комплексы зданий и сооружений. В качестве примера, своеобразного «полигона» указанных исследований был выбран комплекс учебных корпусов и других зданий Оренбургского государственного университета.

В диссертационной работе сформирован теоретический базис, обосновывающий разработанный подход на основе концепции оптимизации управления теплоснабжением жилых, административных и технических комплексов в интересах получателей тепловой энергии. Такая концепция позволяет отойти от узковедомственных интересов организаций-проектировщиков и строителей

систем теплоснабжения, а также поставщиков тепловой энергии и создать на основе представленной в работе математической модели задачи управления теплоснабжением сложных жилых, административных и технических комплексов методику создания и эффективной эксплуатации подобных систем.

Математическая модель задачи управления теплоснабжением комплекса зданий

Для решения задачи расчета отпуска и потребления тепловой энергии необходимо определить:

- а) расчетный отпуск тепловой энергии за сутки из источника теплоты;
- б) расчетное потребление (реализация) теплоты потребителями за сутки;
- в) фактический суточный отпуск тепловой энергии из источника теплоты
- г) фактическое суточное потребление (реализация) энергоресурсов потребителями.

Индивидуальные особенности каждой системы теплоснабжения определяются мощностью источника тепловой энергии, теплонагрузками потребителей. Данная модель может быть применена для расчета отпуска и потребления тепловой энергии для системы теплоснабжения, источником тепловой энергии в которой является котельная любой мощности, с тепловой сетью любой конфигурации, протяженности. Спецификой определения величин отпуска и потребления в данной модели для систем теплоснабжения различных городов является отличие климатических данных, поэтому данная модель является универсальной и применима для всех городов и систем теплоснабжения.

Определение расчетных суточных значений отпускаемой и реализованной тепловой энергии. При нормальном функционировании систем теплоснабжения значения расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, полученные расчетным путем близки значениям фактических расходов потребителей. Значительное отклонение фактических значений от расчетных является сигналом для диспетчера о необходимости принятия соответствующих мер.

Для учета тепловой энергии фактические значения определяются за декаду, месяц, квартал, год.

Для оперативного контроля и управления теплоснабжением значения потребляемой тепловой энергии для данного потребителя определяются средние за сутки. Целесообразность выбора среднесуточных расходов связаны с неравномерностью нагрузок технологического и горячего водоснабжения в суточном разрезе и инерционностью системы теплоснабжения.

Исходными данными для определения расчетных расходов реализованной тепловой энергии являются:

- проект здания;
- справка бюро технической инвентаризации с фактической характеристикой отапливаемого здания;
- справка из дирекции эксплуатации зданий о количестве жителей;
- данные предприятий о количестве теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

При наличии проектных данных по расчетным расходам теплоты на отопление в системе теплоснабжения потребителя, пересчет на текущую температуру наружного воздуха необходимо осуществлять по формуле (1):

$$Q_0^r = Q_0^{r \max} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}} + \Delta t_{\text{вн}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{рв}}}, \quad (1)$$

где $Q_0^{r \max}$ – расчетный максимальный часовой расход теплоты на отопление, КДж/ч;

Q_0^r – расчетный часовой расход теплоты на отопление, КДж/ч;

$t_{\text{вн}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий в $^{\circ}\text{C}$, принимаемая равной 18°C ;

$\Delta t_{\text{вн}}$ – поправка на наружную температуру, учитывающая влияние ветра, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{н}}$ – средняя температура наружного воздуха за расчетный период в $^{\circ}\text{C}$, принимаемая в соответствии с прогнозом метеослужбы;

$t_{\text{рв}}$ – расчетная температура наружного воздуха для отопления, $^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{вн}}$ – температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий в $^{\circ}\text{C}$

Перерасчет на текущую температуру расходов теплоты на вентиляцию производится аналогично:

$$Q_v^r = Q_v^{r \max} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}} + \Delta t_{\text{вн}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{рв}}}, \quad (2)$$

где Q_v^r – расчетный часовой расход тепла на вентиляцию, КДж/ч;

$Q_v^{r \max}$ – расчетный максимальный часовой расход тепла на вентиляцию, КДж/ч;

$t_{\text{рв}}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{вн}}, t_{\text{н}}, \Delta t_{\text{вн}}, t_{\text{вн}}$ – те же, что и в формуле (1).

Ввиду значительных колебаний нагрузки горячего водоснабжения и с целью упорядочения расхода тепловой энергии за расчетный расход теплоты в отопительный период на горячее водоснабжение принимается среднесуточный расход, вычисленный по фактическим данным за первый недельный период после отключения отопления весной и первый недельный период перед началом отопительного сезона осенью. Причем среднесуточные значения расходов вычисляются по фактическим данным в среднем за два – три года с дифференциацией величин расходов в сутки в зависимости от дней недели: будни (понедельник, вторник, среда, четверг) $Q_{\text{д.с.г}}^{\text{буд}}$, пятница $Q_{\text{д.с.г}}^{\text{пят}}$, выходные и праздничные дни $Q_{\text{д.с.г}}^{\text{пн}}$ (с корректировкой на возможное изменение количества людей):

$$Q_{\text{д.с.г}}^{\text{буд}} = \frac{\sum_{\text{д.с.г}}^{n_{\text{д}}} Q_{\text{д.с.г}}^{\text{буд.весной}} + \sum_{\text{д.с.г}}^{n_{\text{д}}} Q_{\text{д.с.г}}^{\text{буд.осенью}}}{n_{\text{д}} + n_{\text{д}}}, \quad (3)$$

где приняты обозначения:

$Q_{\text{д.с.г}}^{\text{буд.весной}}, Q_{\text{д.с.г}}^{\text{буд.осенью}}$ – значение суточных расходов теплоты на горячее водоснабжение в будние дни соответственно весной и осенью, ГДж/сутки;

n_1, n_0 – количество будничных дней в неделе после и до отопительного сезона соответственно весной и осенью;

$$Q_{r.e}^{пнп} = \frac{\sum_{i=1}^{l_1} Q_{r.e,i}^{пнп \text{ весной}} + \sum_{i=1}^{l_0} Q_{r.e,i}^{пнп \text{ осенью}}}{l_1 + l_0}, \quad (4)$$

$$Q_{r.e}^{пнп} = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} Q_{r.e,i}^{пнп \text{ весной}} + \sum_{i=1}^{m_0} Q_{r.e,i}^{пнп \text{ осенью}}}{m_1 + m_0}, \quad (5)$$

где приняты аналогичные обозначения.

При этом расчетное количество теплоты, определенное практическим путем, не должно превышать максимальной расчетной величины

$$Q_{r.e}^p \leq Q_{r.e}^{\max}. \quad (6)$$

Среднесуточный максимальный расход теплоты на горячее водоснабжение жилых зданий в отопительный период определяется по формуле

$$Q_{r.e}^{\max} = m \cdot a(60 - t_{x.e}), \quad (7)$$

где m – количество человек;

a – норма расхода воды в л при температуре 60°C для жилых зданий на одного человека в сутки, принимается в соответствии с действующим СНиП;

$t_{x.e}$ – температура холодной воды в $^\circ\text{C}$ в отопительный период, при отсутствии данных принимается равной 5°C .

Для промышленных и общественных зданий значения расходов на отопление Q_o^p , вентиляцию Q_v^p и горячее водоснабжение $Q_{r.e}^p$ принимаются по данным предприятий и проектам зданий.

Реализованная тепловая энергия i -ми тепловыми пунктами складывается из расходов тепловой энергии на отопление Q_o^p , вентиляцию Q_v^p , горячее водоснабжение $Q_{r.e}^p$ потребителей, присоединенных к i -му тепловому пункту:

$$Q_{i, \text{real}}^p = \sum_{j=1}^k (Q_o^p + Q_v^p + Q_{r.e}^p). \quad (8)$$

В формуле (8) значение расхода теплоты на горячее водоснабжение рассчитывается дифференцированно, в зависимости от дней недели по формулам (3)-(5).

Реализованная теплота всеми потребителями определяется по формуле

$$Q_{\text{real}}^p = \sum_{i=1}^k Q_{i, \text{real}}^p \quad (9)$$

где Q_{real}^p – реализованная теплота всеми потребителями, ГДж/сутки.

Отпускаемое в тепловую сеть количество тепловой энергии определяется суммированием количества реализованной теплоты и тепловых потерь трубопроводами тепловых сетей $Q_{m.n}$

$$Q_{\text{опт}}^p = \sum_{i=1}^n Q_{i, \text{расч}}^p + Q_{m, n}^p \quad (10)$$

Как показывает практика, значение тепловых потерь не соответствует расчетному по ряду причин. В связи с тем, что в течение отопительного периода ремонтные работы на подземных тепловых сетях производятся только в аварийных случаях, при расчете прогнозной величины отпуска теплоты принимается фактическое значение тепловых потерь тепловыми сетями за прошедшие сутки с корректировкой на прогнозную температуру в подающем трубопроводе на текущие сутки:

$$Q_{m, n}^p = Q_{m, n}^{\phi} \frac{t_1}{t_2} \quad (11)$$

где t_1 – прогнозируемая среднесуточная температура теплоносителя в подающем трубопроводе, °С;

t_2 – среднесуточная температура теплоносителя в подающем трубопроводе за предыдущие сутки, °С.

$Q_{m, n}^{\phi}$ – фактические тепло потери за предыдущие сутки, ГДж/сутки.

Правомерность такой корректировки определяется существенной зависимостью тепловых потерь от температуры теплоносителя в подающем трубопроводе. В тоже время суточное изменение температур теплоносителя в обратном трубопроводе и грунте оказывает очень незначительное влияние и для прогнозирования отпуска теплоты достаточно определить ориентировочную оценку изменения потерь теплоты тепловой сетью в зависимости от изменения температуры теплоносителя в подающем трубопроводе.

По истечении суток прогнозный расчет отпуска теплоты корректируется в соответствии с фактической температурой наружного воздуха и значением фактических тепловых потерь и скорректированное значение отпуска теплоты затем сопоставляется с фактическим значением, определенным приборным методом.

Прогнозное значение выработанной тепловой энергии теплоисточником $Q_{\text{выр}}^p$ определяется суммой отпущенной теплоты $Q_{\text{опт}}^p$ и расхода на собственные нужды теплоисточника $Q_{c, n}^p$

$$Q_{\text{выр}}^p = Q_{\text{опт}}^p + Q_{c, n}^p \quad (12)$$

Расчетный расход теплоты на собственные нужды можно рассчитать как процент от выработанной теплоты теплоисточником:

$$Q_{\text{выр}}^p = \frac{Q_{\text{опт}}^p}{1 - \alpha} \quad (13)$$

где α – доля от выработанной теплоты, используемая на собственные нужды теплоисточника.

Определение фактических значений отпускаемой и потребляемой тепловой энергии. Соответствие фактических значений отпускаемой и потребляемой (реализованной) тепловой энергии расчетным является критерием нормального функционирования тепловых сетей и тепловых пунктов.

Для оперативного контроля и управления сопоставление расчетных и фактических значений необходимо производить один раз в конце каждого суток.

Фактическая выработка теплоты за сутки определяется по формуле

$$Q_{\text{выр}}^{\phi} = \sum_{i=1}^n G_i^t \cdot c (t_2^t - t_1^t), \quad (14)$$

где G_i^t – расход воды на i -ый котел, т/сутки;

c – удельная теплоемкость воды, КДж/кг, $^{\circ}\text{C}$;

t_2^t – температура воды, выходящей из котла, $^{\circ}\text{C}$;

t_1^t – температура воды, подаваемой в котел, $^{\circ}\text{C}$.

Количество тепловой энергии, отпускаемой от котельной в тепловую сеть, может быть определено:

$$Q_{\text{отп}}^{\phi} = Q_1^c - (Q_2^c - Q_n^c), \quad (15)$$

где Q_1^c – количество теплоты, отпущенной по подающему трубопроводу, КДж/сутки;

Q_2^c – количество теплоты, возвращаемой в котельную по обратному трубопроводу, КДж/сутки;

Q_n^c – количество теплоты, содержащейся в исходной воде (подпитки), КДж/сутки.

Отпуск тепловой энергии от котельной определяется в зависимости от места установки расходомеров:

а) при установке расходомеров на обратном трубопроводе тепловой сети и трубопроводе подпиточной воды:

$$Q_{\text{отп}}^{\phi*} = c [G_1^c (t_1^c - t_2^c) + G_n^c (t_2^c - t_n^c)]; \quad (16)$$

б) при установке расходомера на обратном трубопроводе тепловой сети и трубопроводе подпиточной воды:

$$Q_{\text{отп}}^{\phi*} = c [G_2^c (t_1^c - t_2^c) + G_n^c (t_2^c - t_n^c)]; \quad (17)$$

в) при установке расходомеров на подающем и обратном трубопроводах тепловой сети:

$$Q_{\text{отп}}^{\phi*} = c [G_1^c (t_1^c - t_n^c) - G_2^c (t_2^c - t_n^c)], \quad (18)$$

где G_1^c – измеренный среднечасовой за сутки расход воды по подающему трубопроводу, т/ч;

G_2^c – измеренный среднечасовой за сутки расход воды по обратному трубопроводу, т/ч;

G_n^c – измеренный часовой расход подпиточной воды, т/ч;

t_1^c, t_2^c – средние за сутки температуры сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах, $^{\circ}\text{C}$;

t_n^c – температура исходной воды, расходуемой на подпитку, $^{\circ}\text{C}$.

Количество отпущенной тепловой энергии в тепловую сеть определяется в суточном разрезе:

$$Q_{\text{отп}}^{\phi_{\text{сут}}} = \sum_{\tau=1}^{24} Q_{\text{отп}}^{\phi_{\text{час}}} \quad (19)$$

Для учета количества теплоты, отпускаемой в тепловую сеть, определяются величины за декаду, месяц, квартал, год на основе суммирования суточных величин.

Фактический расход теплоты на собственные нужды теплоисточника вычисляются по разности между количеством выработанной и отпущенной из теплоисточника тепловой энергии в соответствии с формулой (12).

Количество отпускаемой теплоты в теплосеть включает в себя количество реализованной теплоты потребителями и количество теплоты, теряемое теплопроводами в процессе транспортирования теплоносителя от источника теплоты до потребителя:

$$Q_{\text{отп}}^{\phi} = Q_{\text{реал}}^{\phi} + Q_{\text{тп}}^{\phi}, \quad (20)$$

где $Q_{\text{реал}}^{\phi}$ – фактическое количество реализованной теплоты, КДж/сутки;

$Q_{\text{тп}}^{\phi}$ – фактические потери теплоты теплопроводами, ГДж/сутки.

Отпуск тепловой энергии потребителю производится через крупные тепловые пункты (ТП), подвод теплоносителя к которым осуществляется через распределительные тепловые сети. Для данной модели условием является оснащение тепловых пунктов контрольно-измерительной аппаратурой и автоматикой, позволяющих включать эти ТП в сферу действия АСУТП теплоснабжения.

Температура и расход теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах определяются на тепловом пункте.

Количество теплоты, приходящее с теплоносителем к i -му тепловому пункту можно определить по формуле:

$$Q_{i, \text{под}}^{\phi} = G_{i, \text{под}}^{\phi} \cdot c \cdot t_{i, \text{под}}^{\phi}, \quad (21)$$

где $G_{i, \text{под}}^{\phi}$ – фактический расход теплоносителя по подающему трубопроводу, т/сутки;

$t_{i, \text{под}}^{\phi}$ – фактическая температура теплоносителя в подающем трубопроводе $^{\circ}\text{C}$;

c – удельная теплоемкость теплоносителя, КДж/кг $^{\circ}\text{C}$.

Количество теплоты, возвращаемое в тепловую сеть от i -го теплового пункта:

$$Q_{i, \text{обр}}^{\phi} = G_{i, \text{обр}}^{\phi} \cdot c \cdot t_{i, \text{обр}}^{\phi}, \quad (22)$$

В формуле (22) обозначения $G_{i, \text{обр}}^{\phi}$ и $t_{i, \text{обр}}^{\phi}$ – фактические значения расхода и температуры теплоносителя в обратном трубопроводе i -го ТП.

Количество теплоты, реализованной у потребителей, присоединенных к i -му ТП, составит

$$Q_{i, \text{реал}}^{\phi} = Q_{i, \text{под}}^{\phi} - Q_{i, \text{обр}}^{\phi}, \quad (23)$$

Количество теплоты, реализованное всеми потребителями:

$$Q_{\text{реал}}^{\phi} = \sum_{i=1}^n Q_{i, \text{реал}}^{\phi}, \quad (24)$$

Фактические тепловые потери в тепловой сети определяются по разности отпускаемой в сеть теплоты и суммарной величине теплоты, реализованной всеми потребителями.

Подаваемая на тепловой пункт тепловая энергия расходуется на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию зданий. Последняя составляющая может быть значительной для предприятий и общественных зданий. Для жилых зданий эта величина не значительна.

Для более полного контроля, анализа и управления на тепловом пункте предпочтительно иметь приборы, фиксирующие расход и температуру теплоносителя каждой составляющей потребленной тепловой энергии.

Для учета количества реализованной тепловой энергии на декаду, месяц, квартал, год, значения определяются суммированием среднесуточных значений потребленной (реализованной) теплоты.

Отклонения фактических значений от расчетных определяются относительно от расчетных за сутки:

$$\Delta Q_{\text{реал}} = \frac{Q_{\text{реал}}^p - Q_{\text{реал}}^\phi}{Q_{\text{реал}}^p} \quad (25)$$

Аналогично определяются отклонения для значений отпущенной и выработанной теплоты.

При необходимости отклонения фактического значения реализованной теплоты от расчетного может быть определено для любого теплового пункта для контроля режима его работы и управления:

$$\Delta Q_{i \text{ реал}} = \frac{Q_{i \text{ реал}}^p - Q_{i \text{ реал}}^\phi}{Q_{i \text{ реал}}^p} \quad (26)$$

Превышение значения $\Delta Q_{i \text{ реал}}$ для конкретного теплового пункта свыше критического является сигналом для принятия мер по проверке работы регуляторов, оборудования.

Расчет показателей работы источника теплоты основан на учете энергоресурсов. Определяются:

- величина выработанной теплоты $Q_{\text{выр}}^\phi$;
- величина отпущенной теплоты источником $Q_{\text{отп}}^\phi$;
- величина реализованной теплоты у потребителя $Q_{\text{реал}}^\phi$;
- тепловые потери в тепловой сети $Q_{\text{т.п}}^\phi$;
- относительная величина отпущенной теплоты $\Delta Q_{\text{отп}}^\phi$;
- расход топлива B^ϕ ;
- удельный фактический расход топлива на единицу отпущенной теплоты и на единицу выработанной теплоты $\frac{B^\phi}{Q_{\text{отп}}^\phi}$, $\frac{B^\phi}{Q_{\text{выр}}^\phi}$;
- расход электроэнергии, кВт;
- расход электроэнергии в часы максимального электропотребления, кВт;
- расход воды, м³.

Анализ параметров отпуска теплоты из теплоисточника. В котельной должно осуществляться измерение следующих параметров выработки и отпуска тепловой энергии:

- расход воды на каждый котел, т/ч;
- температура воды на входе в котел и на выходе из котла, °С;
- давление воды на входе в котел и на выходе из котла, МПа;
- разрежение в дымоходе, Па;
- температура отходящих газов, °С;
- расход топлива, потребляемый каждым котлом и суммарный по источнику, м³/ч;
- давление и температура газа, МПа, °С;
- расход воды, подаваемой в теплосеть от котельной - суммарный и по каждой магистрали, т/ч;
- температура теплоносителя в подающей магистрали теплосети на выходе из котельной, °С;
- давление теплоносителя в подающих магистралях теплосети на выходе из котельной, МПа;
- температура теплоносителя в обратных трубопроводах тепловой сети на входе в котельную, °С;
- давление теплоносителя в обратных трубопроводах тепловой сети на входе в котельную, МПа;
- количество электроэнергии, потребляемой электрооборудованием котельной, кВт;
- температура воды перед входом в фильтр, °С;
- температура воды перед входом в деаэрагор, °С;
- температура воды на выходе из деаэрагора, °С;
- разрежение в деаэрагоре, Па;
- расход холодной воды, т/ч;
- расход воды на подпитку, т/ч;
- температура наружного воздуха, °С.

Все эти параметры должны регистрироваться каждые 5 минут. Затем определяется среднечасовое значение каждого параметра, и выводятся на экран монитора и печать. В течение суток определяется среднее за смену (8 час) и среднесуточное значение каждого параметра и также выводится на печать:

$$P_j^{сч} = \frac{1}{8} \sum_{\tau=1}^8 P_j^{моч} \quad (27)$$

$$P_j^{сут} = \frac{1}{24} \sum_{\tau=1}^{24} P_j^{моч} \quad (28)$$

где P_j – соответствующий параметр.

Среднечасовые и среднесуточные и средние за смену данные поступают для расчетов и логических операций.

Значение выработанной тепловой энергии котлом определяется за час, смену, сутки:

$$Q_{i, \text{сч}}^{\tau} = G_i^{\tau} \cdot c \cdot (t_{i2}^{\tau} - t_{i1}^{\tau}) \quad (29)$$

$$Q_{i, \text{сч}}^{\tau} = \sum_{\tau=1}^8 Q_{i, \text{сч}}^{\tau} \quad (30)$$

$$Q_{i \text{ вып}}^{k \text{ сум}} = \sum_{r=1}^{24} Q_{i \text{ вып}}^{k \text{ час}} \quad (31)$$

В формулах (29-31)

G_i^k – расход воды на котел, т/ч;

c – удельная теплоемкость воды, КДж/кг⁰С;

t_{i1}^k – температура теплоносителя на входе в котел, ⁰С;

t_{i2}^k – температура теплоносителя на выходе из котла, ⁰С.

Определяется выработка теплоты всеми котлами за час

$$Q_{\text{вып}}^{\text{час}} = \sum_{r=1}^n Q_{i \text{ вып}}^{k \text{ час}} \quad (32)$$

за смену

$$Q_{\text{вып}}^{\text{см}} = \sum_{r=1}^3 \sum_{r=1}^n Q_{i \text{ вып}}^{k \text{ час}} \quad (33)$$

аналогично за сутки.

Значения отпущенной теплоты вычисляются по формулам (15-19). Данные по (15-19 и 29-33) выводятся на экран монитора, распечатываются и поступают в хранимый массив.

Определяется к.п.д. каждого котла за час

$$\eta_i^{\text{час}} = \frac{Q_{i \text{ вып}}^{\text{час}}}{B_i^{\text{час}} \cdot Q_p^{\text{н}}} \quad (34)$$

где $B_i^{\text{час}}$ – часовой расход газа на выработку теплоты i -м котлом, м³/ч;

$Q_p^{\text{н}}$ – теплотворная способность газа, КДж/м³.

за сутки

$$\eta_i^{\text{сут}} = \frac{\sum_{r=1}^{24} \eta_i^{\text{час}}}{24} \quad (35)$$

Определяется к.п.д. котельной за сутки

$$\eta_i^{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{вып}}^{\text{сут}}}{B^{\text{сут}} \cdot Q_p^{\text{н}}} \quad (36)$$

где $B^{\text{сут}}$ – суточный расход газа на выработку теплоты всеми котлами, м³/ч.

Для ежечасного контроля и анализа параметров отпуска теплоты из теплоисточника необходимо осуществлять следующие операции.

1. Расходы воды через котлы сравниваются с допустимыми заданными значениями (минимальным, максимальным).

$$G_i^{\text{н}} < G_i^k < G_i^{\text{макс}} \quad (37)$$

вычисляются значения отклонений:

$$\Delta G_i^k = G_i^{\text{макс}} - G_i^k \quad (38)$$

$$\Delta G_i^k = G_i^k - G_i^{\text{мин}} \quad (39)$$

Если $\Delta G' < 0$, то формируется сигнал нарушения режима. Аналогично температуры воды до котлов и температуры воды после котлов сравниваются с допустимыми заданными значениями (максимальными, минимальными):

$$t_i^{k \min} < t_i^k < t_i^{k \max} . \quad (40)$$

При больших значениях отклонения формируется сигнал нарушения режима.

2. Температура теплоносителя в подающей магистрали (t_1^c) сравнивается с заданной температурой ($t_{1 \text{ доп}}^c$), изменяющейся в зависимости от температуры наружного воздуха или поддерживаемой на постоянном уровне:

$$t_{1 \text{ доп}}^c - t_1^c \cdot \Delta t_1^c . \quad (41)$$

Если $\Delta t_1^c > \Delta t_{1 \text{ доп}}^c$, то формируется сигнал нарушения режима.

($\Delta t_{1 \text{ доп}}^c$ - допустимое отклонение температуры от заданного графика, °С).

3. Технологический параметр – расход воды на подпитку – сравнивается с максимально-допустимым значением:

$$G_n < G_{n \text{ доп}} \quad (42)$$

При достижении допустимого значения формируется сигнал нарушения режима.

4. Технологические параметры – давление газа, температура воды перед фильтром, температура воды перед деаэратором, разрежение в дымоходах, разрежение в деаэраторе, давление теплоносителя в обратном трубопроводе сравниваются с минимально допустимыми их значениями:

$$P_i > P_{i \text{ доп}} \quad (43)$$

При достижении допустимого значения формируется сигнал нарушения режима.

5. В заданные периоды времени Δt_d и Δt_n , каждые сутки (например, утром с 8 до 10 ч. и вечером с 19 до 21 ч.) часовой расход электроэнергии (мощность) потребляемой оборудованием котельной и его суточный расход сравнивается с заданными значениями лимитированной мощности и суточного расхода:

$$W_{\Delta t} < W_{\text{lim}} . \quad (44)$$

При нарушении неравенства формируется сигнал отклонения режима от нормального. Отклонения параметров от допустимых по формулам (34-42) выводятся на печать одновременно с сигналом отклонения.

Для анализа эффективности отпуска теплоты из теплоисточника за сутки, декаду, месяц отображаются (таблично или графически), ход изменения среднесуточных температур теплоносителя в подающей t_1^c и обратной t_2^c магистралях, расхода теплоносителя в подающей тепломатриале G_1^c , расхода воды на подпитку, давления теплоносителя в подающей P_1^c и обратной P_2^c магистралях, количество отпущенной тепловой энергии $Q_{\text{отп}}$, температуры наружного воздуха t_a .

Блок-схема алгоритма решения задачи

В *блок-схеме* (рис.1) представлена последовательность операций и их взаимосвязь при решении задачи расчета отпуска тепловой энергии, учета отпускаемых и потребляемых энергоресурсов. Определение фактического значения реализованного количества теплоты за текущие сутки осуществляется по информации в системе телеметрии с приборов, установленных в тепловых пунктах (блок 7). К этому времени уже имеется прогнозный расчет количества реализованной теплоты, полученный к началу текущих суток и определенный в соответствии с имеющимся банком данных относительно всех потребителей и на основе прогноза температуры наружного воздуха по данным метеослужбы (блок 6). Проводится корректировка расчета реализованной теплоты с учетом фактических температур наружного воздуха за текущие сутки (блок 10), а затем сопоставляется расчетное и фактическое количества реализованной теплоты (блок 13). Одновременно данные фактического количества реализованной теплоты подаются в блок 23 задача определения тепловых потерь в тепловых сетях и в блок 17 учета реализованной теплоты.

Определение фактически отпущенной энергии (блок 5) производится за текущие сутки, значение отпущенной теплоты подается в блок 23 определения фактических тепловых потерь и в блок учета (20). Прогнозный расчет количества отпущенной теплоты в теплосеть от источника на текущие сутки производится в течение предыдущих суток на основе прогнозной температуры наружного воздуха на текущие сутки. При этом значение фактических тепловых потерь, определенное за предыдущие сутки (блок 22) корректируется с учетом прогнозной температуры теплоносителя на текущие сутки (блок 21) и вводится в блок 4 прогнозного расчета количества отпущенной теплоты. Имеющийся прогнозный расчет отпущенной теплоты на текущие сутки корректируется с учетом фактических значений температуры наружного воздуха за текущие сутки в блоке 9, куда подается также значение фактических тепловых потерь от блока 23 за текущие сутки. Скорректированные данные и фактические значения отпущенной теплоты передаются для сравнения в блок 12.

Определение фактической выработки теплоты теплоисточником (блок 2) производится также за текущие сутки и подается в блок учета 14.

Прогнозный расчет выработки теплоты теплоисточником (блок 1), проведенный в предыдущие сутки в соответствии с данными метеослужбы, корректируется в блоке 8 в соответствии с фактической температурой наружного воздуха за текущие сутки. Информация из блоков 8 и 2 поступает в блок сравнения 4 для сопоставления фактической выработки теплоты с расчетной. На основе прогнозного расчета выработки теплоты, потребной на текущие сутки, даются рекомендации диспетчеру для выбора и подготовки оборудования (блок 18).

Определяемые по приборам телеметрии значения фактического суточного расхода топлива и электроэнергии (блок 3) передаются для учета фактически используемых количеств топлива и электроэнергии за месяц, квартал, год (блок 15), а затем поступают в блок 20 расчета показателей работы системы теплоснабжения. Информация из блоков сравнения 11, 12, 13 поступает в блок 19 для произведения анализа работы оборудования источника теплоты, тепловых пунктов и тепловых сетей, а затем передается диспетчеру.

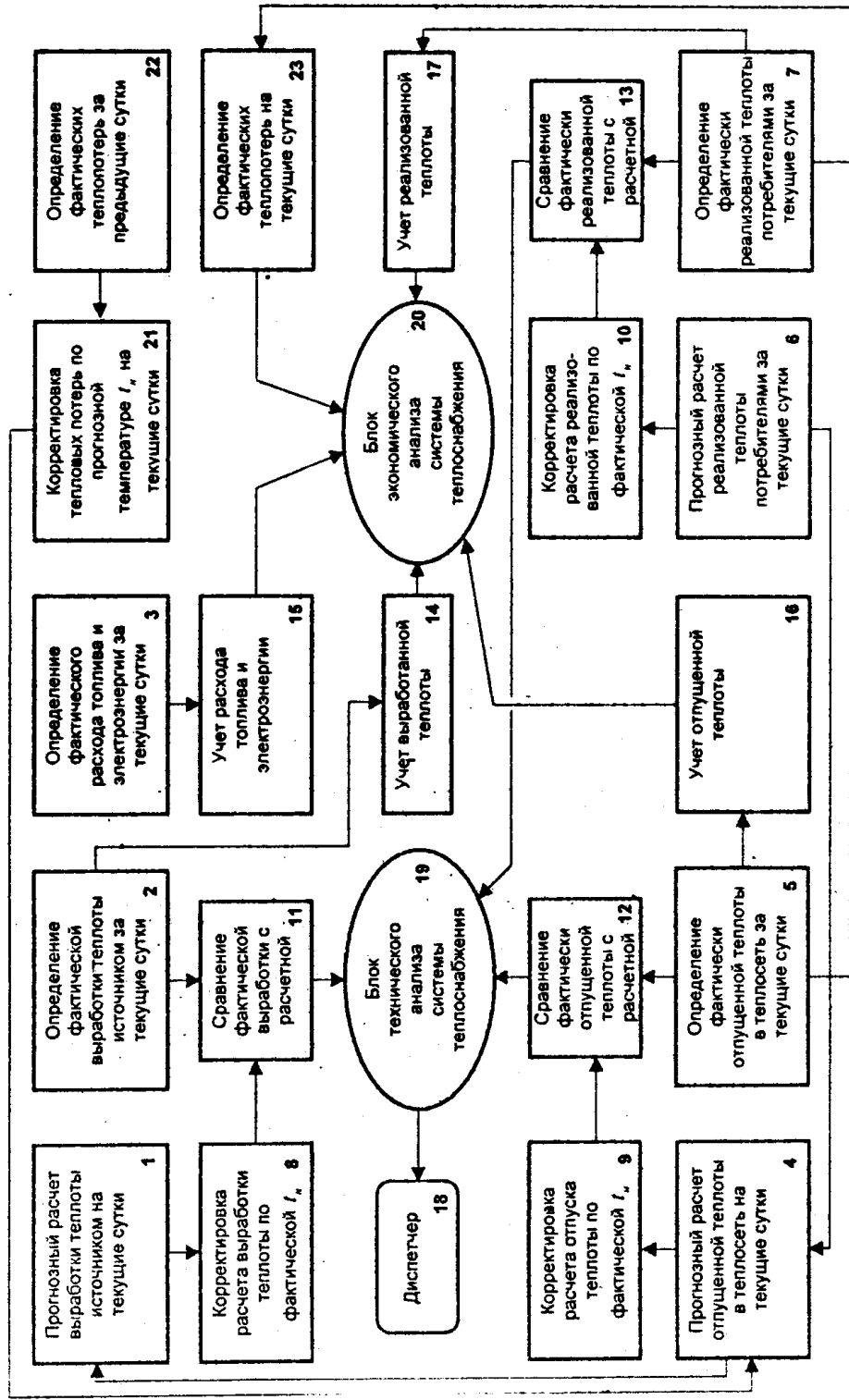


Рис. 1. Блок-схема математической модели отпуска тепловой энергии, учета отпускаемых и потребляемых энергоресурсов

Информация из блоков учета 14, 16, 17 направляется в блок 20 расчета показателей работы систем теплоснабжения.

В летний период, когда наиболее характерной является нагрузка горячего водоснабжения, блоки прогнозируемых расчетов 1, 4, 6 не функционируют.

Методика создания и результаты внедрения системы управления теплообеспечением

Задача управления теплообеспечением комплексов зданий и сооружений в представленной постановке вполне может быть составной частью *системы инженерной инфраструктуры в рамках интегрированной информационной системы муниципального управления*, структура которой приведена на рис.2.

В диссертации подробно описана концепция и методика создания указанной системы, ее взаимосвязи с другими информационными и автоматизированными системами управления различных уровней, а также организациями-пользователями. Рассмотрены требования к программному, техническому, информационному и другим видам обеспечения. Приведена технология разработки проектной документации, необходимой для создания подобной системы.

Состав и характеристики подсистем, решаемых задач, баз данных и знаний системы теплообеспечения для комплексов зданий и сооружений представлены в таблице. В диссертации приведено математическое описание моделей по всем рассматриваемым в работе подсистемам и задачам.

Автором выполнено исследование фактического состояния теплообеспечения и показателей функционирования работы системы отопления на примере комплекса зданий Оренбургского государственного университета. Выявлены основные факторы, влияющие на показатели качества теплообеспечения. Рассмотрены как технические, так и технико-экономические показатели надежности системы, методы оценки стоимости простоя оборудования.

Описаны результаты моделирования подсистемы обслуживания на основе расчета коэффициента загрузки и критериев эффективности функционирования системы отопления. Представлены расчеты параметров качества теплообеспечения и механизмы стимулирования звена обслуживания, а также описания технической реализации блоков задач управления качеством, даны технические характеристики локальных и секционных теплорегуляторов и предложения по их разработке и производству.

В итоговой части исследования содержатся: структурная схема организации доступа к базам данных и знаний в системе управления качеством теплообеспечения; рекомендации к организации структуры баз данных и знаний, обеспечивающих поддержку принятия решений при практическом внедрении.

Выполнены расчеты оценки экономической эффективности применения разработанной в диссертации задачи оптимизации управления теплообеспечением. На основе результатов расчетов фактической экономии, полученной от внедрения данной задачи, а также повышения интеллектуальности системы показаны явные преимущества созданной методики управления теплообеспечением комплексов зданий и сооружений.

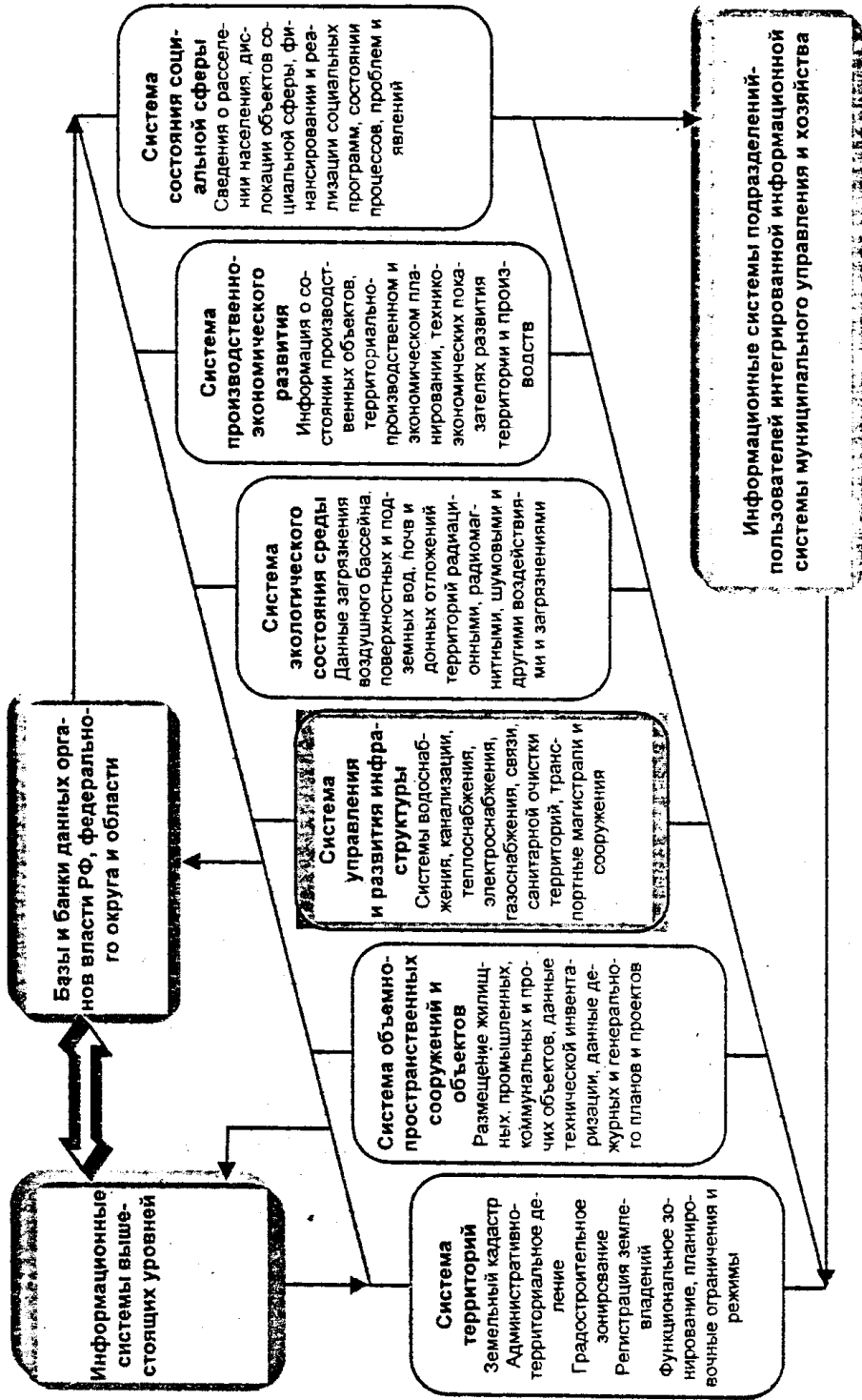


Рис.2. Структура интегрированной информационной системы муниципального управления

Таблица

Наименование подсистем	Решаемые задачи	Базы данных	Базы знаний
<i>Экономический анализ</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фиксация статического состояния системы отопления. 2. Разработка планов подотковки помещений к отоплению. 3. Принятие решения о реконструкции и ремонте системы. 4. Составление смет. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Данные результатов мониторинга и учёта расхода тепла. 2. Результаты диагностики и оптимизации. 3. Затраты на теплообеспечение погодные условия, состояние помещений. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Статистика погодноклиматического состояния окружающей среды. 2. Механизм стимулирования, учитывающий прогноз изменения рыночных цен на топливо.
<i>Диагностика и оптимизация</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Энергоаудит. 2. Диагностика состояния (поиск неисправностей). 3. Параметрическая идентификация системы отопления. 4. Поиск оптимальных параметров системы. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Структура и параметры отопления. 2. Нормативные значения системы отопления. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Законы распределения мест появления неисправностей. 2. Таблица поиска неисправностей. 3. Технологии оптимизации.
<i>Мониторинг</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оперативный учёт расхода тепла. 2. Оценка фактического состояния качества отопления. 3. Выработка мер экономического стимулирования качества. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Данные учёта и расхода тепла. 2. Нормативы температур в помещениях. 3. Регистрация особых случаев. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Критерии качества теплообеспечения. 2. Величины и структура потерь тепла.
<i>Устранение неисправностей</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отчёт о фактическом состоянии системы отопления и теплоизоляции помещений. 2. Отчёт о фактическом значении критерия качества. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Данные об отказах. 2. Данные об устранении отказов. 3. Данные о результатах дублирующего мониторинга. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Интенсивность отказов и восстановления. 2. Значение критерия качества. 3. Размеры премеии. 4. Технологии устранения неисправностей.
<i>Управление обслуживающим персоналом</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение состава бригад. 2. Выработка мер стимулирования работников. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Данные о структуре управления и кадровом составе обслуживающего персонала. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Управленческий и кадровый менеджмент.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные в диссертационной работе исследования образуют теоретическую, методическую основу решения важной народнохозяйственной задачи рационального управления теплообеспечением жилых, гражданских и технических комплексов зданий и сооружений как базового элемента в системе жизнеобеспечения объектов муниципального хозяйства и позволяют сформулировать следующие основные научные выводы и получить практические результаты:

1. Современные концепции и модели управления системой жизнеобеспечения вообще и теплоснабжения в частности ориентированы, как правило, на создание новых весьма дорогостоящих сетей и систем теплообеспечения и реконструкцию уже существующих путем координальной модернизации всех их узлов и элементов. Но поскольку в условиях проведения жилищно-коммунальной реформы, когда расходы на подобную модернизацию весьма значительны и ложатся на плечи потребителей тепловой энергии, необходимо развивать подходы к управлению жизнеобеспечением хозяйственных, жилых и иных объектов, использующих имеющиеся резервы в существующих сетях, за счет эффективных систем расчета параметров энергопотребления.

2. Управление тепловым режимом жилых и производственных помещений является сложной технико-экономической задачей, требующей поиска компромисса между качеством теплообеспечения и затратами. Полное решение этой задачи включило структурирование, формализацию и алгоритмизацию управления параметрами теплообеспечения. Разработанная в диссертационной работе методология направлена на реализацию именно такого подхода к управлению теплоснабжением комплексов зданий. Созданная математическая модель для указанной постановки задачи позволяет осуществлять управление теплообеспечением комплекса зданий и сооружений с теплоисточником без дорогостоящих затрат на системную модернизацию всех его узлов и элементов.

3. Представленные в диссертации научно-методические рекомендации по теплообеспечению помещений всесторонне проработаны во всех компонентах и аспектах взаимодействия технических, технологических, информационных и экономических подсистем и имеют серьезную практическую апробацию как по системе в целом, так и по всем подсистемам и видам обеспечения.

4. Разработаны информационно-алгоритмическая инфраструктура расчета параметров теплообеспечения комплекса зданий, а также компьютерная программа, позволяющие осуществлять управление данным процессом в реальных условиях существующих теплоэнергетических систем.

5. Представлен комплекс научных положений, необходимый для развития интегрированной информационной системы городов и муниципальных образований в части создания системы управления жизне- и теплообеспечением комплексов зданий и сооружений.

6. Практическая реализация данной задачи на примере комплекса зданий Оренбургского государственного университета позволила получить следующие результаты:

- экономический эффект превысил 2 млн.рублей в год;
- значительно повысилась интеллектуальность и улучшилось качество функционирования системы теплообеспечения, а состав звена технического обслуживания удалось сократить более, чем на 30%.

Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в следующих печатных изданиях:

1. Абдрашитов Р.Т., Гребенюк В.Ф., Сафаров М.Д. О проблеме управления качеством отопления больших административных зданий // В кн.: «Прогрессивные методы эксплуатации и ремонта транспортных средств»: Тезисы докладов четвертой Российской научно-технической конференции. – Оренбург: ОГУ, 1999. – с.235-240.
2. Гребенюк В.Ф., Патлахов А.Е. Автоматизация управления экономическими характеристиками системы теплообеспечения // В журн. «Вестник Оренбургского государственного университета», №3 (6), 2000. – Оренбург: ИПК ОГУ. – 6 с.
3. Гребенюк В.Ф. Теплообеспечение помещений (повышение качества жизнеобеспечения). – Москва: Издательство «Вузовская книга», 1998. – 116 с.
4. Гребенюк В.Ф. Повышение качества теплообеспечения производственных помещений (концептуальный проект). – Оренбург: ОГУ, 1999. – 104 с.
5. Гребенюк В.Ф. Разработка механизма стимулирования звена обслуживания при управлении качеством функционирования систем теплоснабжения // В сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции «Социокультурная динамика региона. Наука. Культура. Образование». Часть 6. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2000. – 139 с.
6. Гребенюк В.Ф. К вопросу оценки эффективности системы учёта теплообеспечения // В кн.: «Тезисы Международной Юбилейной научно-практической конференции, посвящённой 30-летию ОГУ. Учебная, научно-производственная и инновационная деятельность высшей школы в современных условиях». – Оренбург: ИПК ОГУ, 2001. – 2 с.
7. Гребенюк В.Ф. Оптимизация распределения тепла в системе теплоснабжения сложных технологических комплексов // В кн.: «Тезисы Международной Юбилейной научно-практической конференции, посвящённой 30-летию ОГУ. Учебная, научно-производственная и инновационная деятельность высшей школы в современных условиях». – Оренбург: ИПК ОГУ, 2001. – 2 с.
8. Гребенюк В.Ф. Управление качеством функционирования систем жизнеобеспечения сложных технологических комплексов. Рукопись представлена Оренбургским государственным университетом. Депонирована в ВИНТИ 16.04.01, №984-В2001. – 24 с.
9. Гребенюк В.Ф., Логиновский О.В., Емельянова И.В. Математическая модель оптимизации параметров системы теплообеспечения комплексов зданий и сооружений с теплоисточником // Научные труды межрегионального научно-практического семинара «Информационно-аналитические компьютерные системы и технологии в региональном и муниципальном управлении». – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 25 с.
10. Логиновский О.В., Гребенюк В.Ф., Емельянова И.В. Оптимизация управления теплообеспечением комплексов зданий (сборник научных трудов). – Вып. 4. – Челябинск: РАЕН, МАИ, 2001. – 9 с.