

Современные информационные технологии/3. Программное обеспечение

К.т.н. Карасев Н.И.

Инж. Крицкий А.Б., Томилова Н.И., Цок Г.Н.

Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

Информатизация систем централизованного теплоснабжения в мегаполисах Казахстана

Инфраструктура жизнеобеспечения современных мегаполисов представлена капиталоемкими и наукоемкими техногенными системами электроснабжения, теплоснабжения, газоснабжения, водоснабжения, канализации, транспорта и связи, охраны воздушного и водного бассейнов. Энергоснабжающий комплекс в ряде этих систем играет ключевую роль не только потому, что совместно с ними создает достойное качество жизни людей, но и потому, что, являясь базовой отраслью экономики страны, обеспечивает принципиальную работоспособность всей инфраструктуры мегаполиса. В структуре Энергоснабжающего комплекса теплоснабжающие системы реализуют стадию конечного использования энергетических ресурсов в средне- и низкотемпературных тепловых процессах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, кондиционирования воздуха, технологического теплопотребления (варка, сушка, возгонка и др.).

Рассмотрим технологические и функциональные особенности энергоснабжающих комплексов в мегаполисах Казахстана как объектов информатизации. К началу рыночных реформ энергетика Казахстана представляла один из мощных и надежных в СССР энергетических комплексов с установленной электрической мощностью источников в 6735 МВт и тепловой мощностью – 24940 МВт (21500 Гкал/ч). Этот комплекс был оснащен соответствующей инфраструктурой в виде крупных строительно-монтажных, ремонтных, пуско-наладочных, научно-проектных организаций с энергетической ориентацией, высококвалифицированным инженерно-техническим персоналом и специализированными рабочими кадрами высокой квалификации.

Объекты энергетического комплекса оснащались автоматизированными системами управления организационно-экономическими(АСУ) и технологическими процессами(АСУ ТП), функциональность и надежность которых были адекватны сложившейся тогда методологии планового создания и внедрения АСУ и АСУ ТП, а также техническим возможностям используемых аппаратно-программных платформ ЭВМ и комплексов технических средств автоматизации технологических процессов. Программно-аппаратной платформой для отраслевых АСУ были средства Единой системы электронных вычислительных машин(ЕС ЭВМ) с операционными системами ДОС/ЕС и ОС/ЕС, которые сосредотачивались на информационно-вычислительных центрах(ИВЦ) районных энергосистем и в головном отраслевом вычислительном центре.

Программно-аппаратная платформа АСУ ТП была представлена Агрегатной системой средств вычислительной техники(АСВТ), агрегатной системой малых машин (СМ ЭВМ) с операционными системами ДОС АСВТ и ОС АСВТ, агрегатной системой средств телемеханики(комплексы телемеханики НАРТ и АССТ). Аппаратной платформой для реализации функций измерения, контроля, регулирования и управления в АСУ ТП были средства Государственной системы приборов(ГСП), которая имела три ветви приборов(электрических, гидравлических, пневматических) и входила в Универсальную международную систему приборов автоматического контроля, регулирования и управления, действующую в рамках стран –членов СЭВ.

Методологические проблемы комплексной автоматизации теплоснабжающих систем решали ряд организаций: СЭИ АН СССР, АКХ им. К.Д. Памфилова, ВНИИГС, ВНИПИЭНЕРГОПРОМ, Карагандинский политехнический институт, Харьковский институт «Тяжпромавтоматика». Научно-методическое руководство этими работами осуществляли Госстрой СССР и Научный совет по комплексным проблемам энергетики АН СССР. Была разработана программа создания и внедрения средств комплексной автоматизации теплоснабжения в 17 крупнейших мегаполисах СССР.

Реализация этого проекта выполнялась в соответствии с разработанной тогда методологией ступенчатого управления с выделением ступеней Центрального(ТЭЦ, котельная), Районного(КРП), Группового(ЦТП), Местного(ИТП), Пофасадного(ИТП), Индивидуального(нагревательные приборы помещений).

В тот же период, в рамках Комплексной программы научно-технического прогресса стран-членов СЭВ, отраслевых планов Минэнерго СССР, Минэнерго Казахской ССР, программы АСУ Москва велась разработка информационной системы для решения в промышленных условиях одной из ключевых задач в сфере эксплуатации систем централизованного теплоснабжения - задачи расчета режимов отпуска тепла и потокораспределения в тепловых сетях. Эта работа завершилась созданием и внедрением двух пакетов прикладных программ: ППП «ПОТОК», разработанного институтом ВНИПИЭНЕРГОПРОМ, и пакета прикладных программ «Теплоснабжение»(ППП ТС 3.3), разработанного Карагандинским Политехническим институтом(КПТИ)[1]. По решению ЦДУ ЕЭС СССР массовое внедрение этих пакетов было начато в процессе рабочего совещания на аппаратно-программной платформе ИВЦ «Свердловэнерго» в июне 1987г.

В рамках этого совещания 18 районных энергосистем СССР и 5 проектных организаций получили программное обеспечение на магнитной ленте и три тома эксплуатационной документации пакета ППП ТС 3.3. Именно с этого периода времени в организационной структуре предприятий тепловых сетей Минэнерго СССР были узаконены группы режимов тепловых сетей, оснащенные информационной технологией, которая стала основным инструментом для разработки сезонных, перспективных и аварийных режимов больших систем централизованного теплоснабжения.

Первая версия пакета ППП ТС 1.1 была разработана в КПТИ по отраслевому плану Минэнерго Каз.ССР еще в 1976г., а заказчиком - пользователем было предприятие тепловых сетей РУЭХ «Карагандаэнерго». Пакет ППП ТС 1.1 начал систематически использоваться для разработки

сезонных и аварийных режимов теплоснабжающей системы г. Караганды на аппаратно-программной платформе ИВЦ РУЭХ «Карагандаэнерго». К 1987г. практически все ИВЦ районных энергосистем в Казахстане были оснащены пакетом программ ППП ТС 3.3. Пакет использовали группы режимов предприятий тепловых сетей, а также Республиканское Специализированное Производственное Предприятие «Казэнергоналадка», которое выполняло большую и эффективную работу по наладке режимов теплоснабжающих систем мегаполисов и формировало требования отраслевых планов по развитию функциональности и надежности пакета программ ППП ТС. Алма-Атинское отделение ВНИПИЭНЕРГОПРОМ использовало пакет ППП ТС 3.3. в процессе разработки перспективных схем теплоснабжения мегаполисов Казахстана.

Начиная с 1989 г. по заявкам и техническим заданиям энергосистем-пользователей ППП ТС 3.3. в КПТИ были начаты работы по созданию и внедрению автоматизированных рабочих мест для технологов теплоснабжающих систем на аппаратно-программной платформе IBM PC/AT/MSDOS. К 1993г. предприятия тепловых сетей в крупнейших мегаполисах Казахстана стали использовать пакеты программ «Магистраль», «Распредсеть», «Сервис технолога», «Температурный график» на платформе IBM PC/AT/MSDOS вместо пакета программ ППП ТС3.3.

В первые годы переходного периода к рыночным отношениям в экономике Казахстана были созданы энергетические компании, деятельность которых осложнялась рядом трудно преодолимых во временном разрезе факторов, приведших в практически критическое состояние энергетический комплекс республики. Здесь и резкое снижение потребления электроэнергии и теплоэнергии в связи с остановкой ряда крупных промышленных предприятий, рост кредиторской и дебиторской задолженностей из-за постоянных неплатежей за приобретаемое топливо, его транспортировку, расходные материалы, отпускаемую электрическую и тепловую энергию, хищения

электрической и тепловой энергии, распад инфраструктуры энергетического комплекса и ряд других факторов.

Между тем, системно проводимые реформы в социальной сфере и экономике приводили к строительству новых и возрождению ранее действующих промышленных предприятий, интенсивному строительству жилья, зданий производственного, культурно-бытового, и офисного назначения, что, естественно, повышало спрос на энергетические ресурсы и инициировало реконструкцию источников энергоснабжения в мегаполисах республики. ЗАО «Институт «КазНИПИЭнергопром» возродил профессиональную разработку краткосрочных и долгосрочных схем теплоснабжения, а ТОО «Фирма Казэнергоналадка» возродила технологию разработки и наладки режимов систем централизованного теплоснабжения мегаполисов с помощью информационно-графической системы ГИД-99w, разработанной в Карагандинском Государственном техническом университете (КарГТУ)[2].

Система ГИД-99w предназначена для имитационного моделирования и пространственного технологического анализа эксплуатационных и аварийных гидравлических режимов больших теплоснабжающих систем переменной технологической структуры с несколькими источниками тепла и произвольным набором типового тепломеханического оборудования. Система продуцирует новые технологические знания, которые можно интерпретировать как ответы на вопросы типа: "Как изменятся параметры стационарного гидравлического режима теплоснабжающей системы, если изменить параметры заданных технологических элементов системы(изменить напорно-расходные характеристики насосов, нагрузки потребителей, длину и диаметр участков трубопроводов, уставки регуляторов расхода, давления и т.п.), или изменить топологию расчетной схемы(отключить некоторые насосные станции или отдельные агрегаты отдельной насосной станции, закрыть входные задвижки некоторых участков, добавить новые участки трубопроводной сети или установить в заданном узле трубопроводной сети насосную станцию и т.п.).

Профессионально обоснованные ответы на подобные вопросы составляют суть многих эффективных технологических решений, вырабатываемых персоналом предприятий тепловых сетей и используемых в процессах технической и экономической эксплуатации систем централизованного теплоснабжения.

Кроме этого система обеспечивает ряд сервисных функций, выполняемых на расчетной базе имитационного моделирования и обеспечивающих технологические решения эксплуатационного персонала:

- Анализ эксплуатационных или аварийных режимов по системе критериев режимного анализа;
- Информационные запросы и отчеты по характеристикам используемого сетевого оборудования;
- Расчеты температурных графиков центрального регулирования, тепловых потерь по сети в целом или по любой выделенной магистрали, температур воды на выходе теплоснабжающих систем потребителей с предоставлением результатов расчёта на расчётную схему или в табличные документы.
- Автоматизированный выбор мест установки и параметров дроссельных органов, устанавливаемых в теплоснабжающих системах потребителей и на байпасах головной части распределительных сетей.

В настоящее время Информационно-графическая система ГИД-99w внедрена и работает в системах централизованного теплоснабжения крупнейших мегаполисов Казахстана (Астана, Алматы, Караганды, Экибастуз, Кокшетау, Костанай), стран СНГ (Россия, Белоруссия, Украина) и Балтии (Литва).

Быстрое возрождение промышленных предприятий и «Государственная программа жилищного строительства в РК на 2005-2007 гг» в мегаполисах Казахстана мотивируют энергетические компании разрабатывать с помощью ЗАО «Институт «КазНИПИ Энергопром» перспективные схемы энергоснабжения, в которых на базе глубокого экономического анализа решаются неотложные задачи энергоресурсосбережения. В рациональной схеме энергоснабжения мегаполисов Казахстана системно и экономически

взвешенно сочетаются схемы централизованного и децентрализованного энергоснабжения на основе доступных энергоресурсов Казахстанских месторождений или ближайших соседей по СНГ, а также нетрадиционные и возобновляемые источники энергии для разных групп потребителей. Весьма эффективной в мегаполисах Казахстана может оказаться децентрализация теплораспределения при сохранении централизованного теплоснабжения, когда присоединение зданий производственного, культурно-бытового, или офисного назначения выполняется через индивидуальные тепловые пункты (ИТП), так как владельцы таких зданий заинтересованы в последующей экономичной эксплуатации. Для жилых зданий повышенные единовременные капиталовложения в ИТП могут оказаться нецелесообразными, если строительные организации не будут участвовать в последующем распределении экономического эффекта. При этом обеспечиваются: снижение объема строительных работ, энергосбережение за счет меньших потерь тепла в распределительных сетях, сокращение перерасхода тепла за счет точного регулирования и учета потребления энергоресурсов для конкретного потребителя. Комплектация ИТП в условиях Казахстана возможна только оборудованием иностранного производства (компактные пластинчатые теплообменники, бесшумные насосы, регулирующие органы и исполнительные механизмы, аппаратура автоматизации и учета).

В проектах модернизации технологических схем источников централизованного и децентрализованного теплоснабжения закладывается автоматизированное технологическое оборудование для сжигания твердого топлива по технологии циркулирующего кипящего слоя, при котором вредные выбросы в атмосферу могут стать даже меньше чем при работе котлоагрегата на газе. Циркуляционные насосные станции теплоподготовительных установок источников и подкачивающие насосные станции тепловых сетей оснащаются частотно регулируемым автоматизированным электроприводом, позволяющим существенно снизить сезонные затраты электроэнергии на транспортировку энергоносителя по тепловым сетям. Модернизация действующих Центральных

тепловых пунктов(ЦТП) микрорайонов преимущественно с жилой застройкой сопровождается внедрением АСУТП для эффективного дистанционного управления технологическим оборудованием и учета расходования электроэнергии, энергоносителя и холодной воды. Реализованная функциональность АСУТП на ЦТП позволяет по оценкам экспертов получить энергосберегающий эффект порядка 20...50%.

Значительные резервы энергосбережения кроются в системах теплоснабжения зданий и сооружений различного функционального назначения, так как они потребляют до 40% тепловой энергии, расходуемой в мегаполисах. Автоматизация теплопотребляющих систем зданий производственного, культурно-бытового, или офисного назначения становится востребованной и экономически оправданной и может быть реализована с помощью высоконадежной аппаратуры автоматического регулирования и управления теплопотребляющими системами зданий фирмы «Данфосс». Аппаратура управления, необходимые регулирующие органы и исполнительные механизмы размещаются в индивидуальных тепловых пунктах зданий и обеспечивают подачу тепла в соответствии с текущими нагрузками теплопотребляющих систем, реализуя энергосбережение и необходимый комфорт в помещениях. Автоматизация теплопотребляющих систем зданий по оценкам экспертов может обеспечить энергосберегающий эффект порядка 20%.

Таким образом, к настоящему времени для энергетических компаний мегаполисов Казахстана созданы необходимые законодательные(Законы «Об электроэнергетике», «Об энеросбережении» и множество постановлений правительства) и экономические условия для информатизации организационно-экономических и технологических процессов в теплоснабжающих системах мегаполисов. Информатизация организационно-экономического уровня энергетических компаний развивается сравнительно успешно на базе информационных технологий, созданных в основном на аппаратно-программной платформе Pc/Intel/Windows офисного исполнения, с

использованием программного обеспечения, разработанного специализированными фирмами или собственными силами компаний.

Вложение средств в создание и внедрение АСУТП на рассредоточенных объектах теплоснабжающих систем идет весьма скромно и в первую очередь на реконструируемых объектах, куда закладывается автоматизированное оборудование инофирм, оснащенное средствами автоматизации на базе встроенных микроконтроллеров и компьютеров промышленного исполнения. Между тем практическая реализация закона «Об энергосбережении» в энергетике Казахстана возможна только при полномасштабной информатизации технологических процессов посредством АСУТП.

В настоящее время на рынке информационных технологий экономического пространства СНГ и стран Балтии появились первые внедренные проекты АСУТП для технологических установок систем централизованного теплоснабжения (водоподготовительные установки источников тепла, насосные станции, центральные тепловые пункты, индивидуальные тепловые пункты потребителей). Программно-аппаратная платформа современных АСУТП строится на базе микропроцессорных программно-технических комплексов(ПТК), в составе которых могут быть средства цифровых промышленных сетей, позволяющих присоединять к одной шине сотни контроллеров и пультов и распределять их на значительные расстояния, широкий спектр контроллеров по вычислительным возможностям, широкий спектр информационных сетей для связи пультов операторов между собой, с серверами баз данных, для взаимодействия ПТК с сетью предприятия, средства взаимодействия пультов управления в режиме клиент/сервер.

Аппаратная платформа АСУ ТП технологических установок теплоснабжающей системы в зависимости от технологической сложности может иметь трехуровневую(источники тепла) или двухуровневую структуру(сетевые технологические установки). **Нижний уровень** представляют датчики с унифицированными сигналами, дискретные датчики, анализаторы, исполнительные механизмы регуляторов, электроприводы

запорной арматуры, насосных агрегатов и прочих механизмов технологической схемы установки. **Средний уровень** представлен станциями управления агрегатами(СУА) и общим для технологического процесса оборудованием(в котельных установках—это станции управления отдельными котлами, водоподготовительной установкой, циркуляционной насосной станцией и т.п.). Станция управления содержит программируемый промышленный логический контроллер(ПЛК), цветную сенсорную операторскую панель, коммутационную аппаратуру, вторичные источники питания, промышленный концентратор информации. **Верхний уровень** представлен операторской станцией, посредством которой производится контроль и управление всей технологической установкой. В состав операторской станции входят: компьютер промышленного исполнения, принтер, источник бесперебойного питания, сетевой коммутатор. Операторская станция связана с контроллерами станций управления посредством сети Ethernet. Программное обеспечение(ПО) операторской станции включает в себя базовое и прикладное ПО, работающее в режиме реального времени. Прикладное программное обеспечение разрабатывается в среде специализированных или инструментальных SCADA-систем.

АСУТП сетевых технологических установок, например ЦТП, реализуется двухуровневой системой управления. Нижний уровень реализован на базе микропроцессорных программно-технических комплексов(ПТК) и обеспечивает управление технологическим оборудованием ЦТП и учет энергоносителей. Оборудование ЦТП может работать как автономно, так и в режиме управления с верхнего уровня. Верхний уровень представляет собой рабочее место диспетчера, оборудованное ПК. Диспетчер, например, района эксплуатации управляет работой нескольких ЦТП. Сбор данных и управление оборудованием ЦТП может выполняться по выделенным телефонным линиям, GSM- и радиоканалам. Информация об аварийной ситуации немедленно передается на верхний уровень системы и позволяет свести к минимуму время локализации аварийной ситуации. Функциональность АСУТП каждого ЦТП

системы представлена следующими классами функций: Контроль и регулирование параметров режима ЦТП, противоаварийная защита и сигнализация, программно-логическое управление насосами с нерегулируемым и частотно-регулируемым приводом, архивирование текущих значений аналоговых и дискретных параметров режима и аварийных событий, диспетчеризация.

Для использования таких проектов в полнофункциональной АСУ ТП больших систем централизованного теплоснабжения(СЦТ) необходима системная компонента верхнего уровня, выполняющая роль системного интегратора. Задача разработки программного обеспечения для верхнего уровня АСУТП была поставлена перед группой разработчиков ИГС ГИД-99w из КарГТУ в 2001г. и получила свое разрешение в первой очереди ИГС ТГИД-04wKz. Эта система создана на базе трехуровневой объектно-ориентированной архитектуры MVS(МОДЕЛЬ-ВИД- КОНТРОЛЛЕР). Каждая из технологических подсистем может быть отнесена к соответствующей ступени управления и представляет собой совокупность агрегатов, объединенных для совместной работы.

Функциональность ИГС ТГИД-05wKz. По сравнению с ИГС ГИД-99w она расширена функциональными классами, востребованными в сфере эксплуатации больших теплоснабжающих систем, действующих на территории экономического пространства СНГ:

- Синтез баз данных(геобазы объектов теплоснабжающей системы, база технологических схем, база текущих и накопленных измеренных параметров состояния теплоснабжающей системы, база анимационных расчетных схем);
- Синтез сезонных и перспективных теплогидравлических режимов в условиях нормальной эксплуатации и аварийных ситуаций;
- Наладка сезонных теплогидравлических режимов теплоснабжающих систем переменной технологической структуры с частотно-регулируемым приводом технологических установок;

- Энергоаудит теплоснабжающей системы(нормативные значения режимных характеристик, нормативные значения мощности насосных агрегатов, нормативная гидравлическая энергетическая характеристика, нормируемые значения показателей режима и удельного расхода электроэнергии на транспорт тепловой энергии за отчетный период, фактический режим работы системы теплоснабжения за отчетный период, сравнительный анализ фактических и нормируемых показателей режима, расчетные и нормируемые показатели тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции, энергетическая характеристика тепловой сети по показателю тепловых потерь);

- Мониторинг заявок на аварийные и ремонтно-восстановительные работы на объектах системы теплоснабжения;

- Мониторинг переключений и производственных работ;

- Мониторинг состояния оборудования и визуализация текущих значений измеренных параметров режима по графикам(трендам) в реальном времени;

- Визуализация параметров режима через цифровую оперативно-диспетчерскую схему теплоснабжающей системы на цифровом плане города;

- Диспетчерское управление эксплуатацией теплоснабжающей системы;

- Системное администрирование;

- Телекоммуникации с объектами организационных и технологических систем городской инфраструктуры.

База данных ИГС ТГИД-05wKz

База данных, как набор фактографических знаний, необходимых и достаточных для реализации функциональности системы, выполнен в расширенном формате MDB и использует элементы объектно-ориентированной и реляционной моделей данных. В отношении хранятся атрибутивные и координатные характеристики объектов городской инфраструктуры, технологических схем теплоснабжающей системы, измеренных параметров состояния объектов технологических установок, цифровых технологических и анимационных схем.

Программно-аппаратная платформа

ПТК верхнего уровня управления теплоснабжающей системой включает в себя пульты операторов для отдельных автоматизированных рабочих мест технологических служб на базе типовых ПК офисного исполнения, сервер БД, сетевая аппаратура(сетевой коммутатор, шлюз или мост для связи с корпоративной сетью энергетического комплекса), центральный концентратор измеренной информации(ЦКИ) на базе рабочих станций, работающих в режиме серверов и поддерживающих функции диспетчерского управления. Операционные системы пультов ориентированы на Windows NT Server, которая обеспечивает сетевое распределение ресурсов аппаратных платформ в режиме мягкого реального времени. В качестве сетевой СУБД верхнего уровня может использоваться MS SQL-Server. Основное программное обеспечение пультов диспетчера представлено SCADA-программой, реализующей основные функции визуализации измеряемой и контролируемой информации, передачи данных и команд системе контроля и управления. Прикладные программные компоненты представлены редакторами: цифровых анимационных мнемосхем технологических установок, цифровых технологических и расчетных схем технологических установок и тепловых сетей, цифрового топографического плана мегаполиса. Компоненты для ведения оперативных и долговременных архивов, генератор отчетов и запросов, администратор пользователей для контроля прав доступа.

Внешний интерфейс ИГС ТГИД-05wKz

Визуализация объектов геобазы теплоснабжающей системы выполнена посредством графических представлений со слоевой организацией: слой теплопроводов и камер на топографической подложке(слой оперативно-диспетчерских схем), слой расчетных схем технологических установок и теплопроводов, слой статических технологических схем технологических установок, слой анимационных пространственных схем технологических установок системы. Организованы каскадные переходы между слоями.

Слой теплопроводов и камер на топографической подложке может использовать Геобазу в формате известных геоинформационных систем(ArcView GIS, ArcInfo, MapInfo, ГисКад-02(разработка ПКФ «Сириус») и др.).

Представление результатов решения функциональных задач выполнено в разнообразных таблично-графических формах: графики тепловых и температурных режимов, пьезометрические и температурные графики по любым маршрутам трубопроводной сети, пространственный пьезометр теплоснабжающей системы в инфраструктуре городской территории, табличные, текстовые и цветные представления на фоне оперативно-диспетчерской схемы и анимационных схем технологических установок, визуализация текущих измеренных и накопленных данных в виде графиков реального времени(трендов).

Литература

- 1.Карасев Н.И., Фольгарт В.И., Дирксен В.Л. Пакет прикладных программ для моделирования гидравлических режимов водяных систем централизованного теплоснабжения // Электронное моделирование.1986.№ 3. с. 50-55.
- 2.Карасев Н.И. Решатель задач имитационного моделирования режимов больших теплоснабжающих систем // Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях: 3-я Международная научно-практическая конференция.-Алматы: АИЭС, 2002.-с.24-28.