

## **ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ИГС «CITYCOM» ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ТРУБОПРОВОДНЫХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Ексаев А.Р., Шумяцкий М.Г., Задачин В.М.**

### **Введение**

Современные системы инженерной инфраструктуры жизнеобеспечения крупного города представляют собой сложнейшие технические объекты, которые характеризуются чрезвычайно высокой степенью разветвленности, множеством обратных связей и очень значительной территориальной распределенностью. Очевидно, что эффективное управление столь сложной инженерной системой невозможно без применения информационных технологий [1].

Средства вычислительной техники и автоматизации производства, а также отдельные программы и даже программные комплексы в большом количестве и довольно давно более или менее успешно применяются в службах практически всех крупных предприятий, эксплуатирующих инженерные коммуникации, для решения производственных задач. Начиная от бухгалтерии, для которой эра «бумажных» технологий ушла окончательно и бесповоротно, и заканчивая, к примеру, гидравлическими расчетами, без которых эксплуатация тепловых сетей невозможна вовсе, а водопроводных – весьма затруднительна [2].

Однако при использовании информационных технологий на большинстве предприятий, эксплуатирующих сети инженерных коммуникаций, возникают серьезные проблемы, которые снижают общую эффективность управления, приводят к прямым финансовым потерям и повышенному риску возникновения аварийных ситуаций. Одним из путей комплексного решения этих проблем является разработка специализированных информационно-графических систем для предприятий, эксплуатирующих сети инженерных коммуникаций.

В частности, такая технология лежит в основе инструментальной платформы ИГС «CityCom», прошедшей проверку многолетней практикой реальных внедрений комплексных информационных систем, как в отраслевых эксплуатирующих предприятиях, так и в проектных организациях.

### **1. Существующие проблемы на эксплуатирующих предприятиях**

Рассогласованность информации. Различные программные системы, каждая из которых предназначена для решения какой-то конкретной производственной задачи, используют определенные наборы данных, как в качестве исходной информации, так и в качестве генерируемого

результата. При этом значительная часть одних и тех же данных необходима для решения разных задач разными программами.

Простой пример – длина любого конкретного участка трубопровода тепловой сети. Это значение необходимо: для расчета гидравлики, для расчета тепловых потерь, для учета амортизационных отчислений по бухгалтерскому учету, для учета и планирования планово-предупредительных ремонтов, для определения охранной зоны, для ведения журнала диспетчерских заявок и т.п. Если для решения каждой из перечисленных задач используется отдельная программа (а так оно, как правило, и есть), то значение длины участка хранится в форматах данных каждой из этих программ, то есть столько раз, сколько программ используют это значение. Изменение значения длины некоторого конкретного участка трубопровода в рамках набора данных одной из программ никак не затрагивает этого значения во всех других наборах данных. Понятно, что очень быстро наступает полное рассогласование данных об одном и том же объекте в разных наборах, и контролировать этот процесс оказывается совершенно невозможно.

Подобного рода «многоцелевых» данных об объектах любой системы инженерных коммуникаций – как минимум несколько сотен, а то и тысячи. В таких условиях бессмысленно говорить о какой-либо достоверности информационных массивов. На основе же этой информации принимаются технические и управленческие решения. Но решения, принятые исходя из ошибочной или недостоверной информации, как правило, неэффективны, а, что гораздо хуже – в сложной инженерной системе они могут оказаться катастрофическими.

Непрозрачность информации. Большинство программ и информационных систем, используемых на предприятии, хранят данные в виде, непригодном для использования любым другим способом, кроме самих этих программ. Как правило, разработчики программ идут на это умышленно, чтобы «привязать» к себе пользователя. Перенос накопленных массивов данных в иную программную среду (например, от конкурирующего разработчика) силами специалистов предприятия-пользователя оказывается либо невозможным, либо сопряженным с огромными и непроизводительными трудозатратами.

Рассогласованность задач и информационных потоков. Практически все технические, технологические и организационные задачи, которые могут (и должны) решаться с помощью информационных технологий и вычислительных систем, неразрывно связаны друг с другом по потокам информации.

В реальности все производственные задачи в службах решаются совершенно изолированно друг от друга. Причины такого положения дел самые различные: от сформулированных выше до тривиального

отсутствия должной квалификации исполнителей и разработчиков для постановки и решения задач в комплексе.

Такая рассогласованность задач и информационных потоков влечет за собой огромные непроизводительные издержки при эксплуатации программных систем, и, кроме того, не дает возможности видеть целостную и ясную картину технологических и бизнес-процессов, что значительно снижает эффективность управления производством в целом.

Игнорирование отраслевой специфики. Инженерная сеть в корне отличается от любых других пространственно-распределенных систем тем, что она описывается специальным понятием - «математический граф». Большинство информационно-расчетных задач для инженерной сети невозможно решить без средств специального описания математического графа. Ярким примером игнорирования этого обстоятельства служит применение так называемых «геоинформационных систем» (ГИС) общего назначения для создания графического представления сети и связанных с ним баз данных.

ГИС общего назначения, как правило, не содержат в себе «встроенного» специального инструментария для решения задач на графах, и поэтому возможность их полезного применения сильно ограничена. Упущение этого обстоятельства при внедрении на предприятии весьма недешевых ГИС-технологий впоследствии приводит к практически неразрешимым противоречиям между принципом, заложенным в ГИС - «от картинки к содержанию», и принципом построения большинства прикладных задач отрасли, который прямо противоположен - «от технологического описания – к графическому представлению».

Существуют технологии, позволяющие последовательно исключить упомянутые проблемы и получить прямой и синергетический эффект от комплексного решения эксплуатационных задач предприятий инженерных коммуникаций – теплосетей, водоканалов, газораспределительных сетей, электросетей. В частности, такая технология лежит в основе инструментальной платформы ИГС «CityCom».

## **2. Опыт разработки и внедрения ИГС «CityCom»**

Специализированная информационно-графическая система (ИГС) "CityCom", разработана для предприятий, эксплуатирующих инженерные коммуникации, и является основой для создания автоматизированных рабочих мест центральных и районных диспетчерских служб, службы режимов, производственно-технических отделов, а также для решения многих проблем проектирования инженерных сетей.

Несмотря на кажущуюся общность задач для различных инженерных сетей, индивидуальные особенности каждой предметной области столь существенны, что возникла необходимость выделить из общей ИГС "CityCom" следующие отдельные подсистемы.

### **Водоснабжение и водоотведение**

**ИГС "CityCom-ГидроГраф"** - паспортизация, расчеты режимов и диспетчеризация водопроводных и канализационных сетей.

**ИГС "CityCom-AnWater"** - анализ и оптимизация режимов системы водоснабжения на основе архивов измеряемых параметров и прогноза водопотребления города.

### **Теплоснабжение**

**ИГС "CityCom-ТеплоГраф"** - паспортизация, расчеты режимов и диспетчеризация тепловых сетей, решение эксплуатационных задач.

### **Газоснабжение**

**ИГС "CityCom-ГазГраф"** - паспортизация, расчеты режимов и диспетчеризация городских газовых сетей высокого, среднего и низкого давления.

### **Электроснабжение**

**ИГС "CityCom-ЭлГраф"** - паспортизация, расчеты режимов и диспетчеризация городских электрокабельных сетей.

### **Электросвязь**

**ИГС "CityCom-ТелГраф"** - паспортизация слаботочных сетей электросвязи.

Технология, используемая в ИГС "CityCom", применима также к автодорогам и земельным участкам, хотя эти приложения пока не нашли практического применения.

Для эксплуатации инженерных сетей необходим большой объем технологической и справочной информации: схема сети и схемы узлов, паспортные сведения об узлах и участках (например, геодезические отметки узлов, диаметры и длины участков, нагрузки потребителей) и т.д.

ИГС "CityCom" позволяет ввести в ПК (создать базу данных) схемы сетей, план города и всю связанную с сетью справочную информацию, и на основе созданной базы данных решать множество информационных и эксплуатационных задач общего и прикладного характера, таких как:

- послойное графическое представление схем сетей с привязкой к плану города и городским объектам, произвольное масштабирование;

- паспортизация сетей и их объектов, паспортизация оборудования узлов сети (колодцев, камер, источников, насосных станций, абонентов и т. п.);
- оперативный поиск требуемых фрагментов сети и объектов по различным критериям (адрес, наименование, код, наличие определенных свойств и т.д.);
- получение справок и генерация отчетов о сетях, в том числе в виде графических запросов и различного рода параметрических раскрасок и выборок;
- гидравлические расчеты водопроводных, тепловых и газораспределительных сетей;
- моделирование режимов при переключениях;
- качественный и количественный анализ режимов работы трубопроводных и кабельных систем;
- ведение архивов, анализ и графическое отображение повреждений (дефектов) на сети;
- ведение оперативных журналов в диспетчерских службах;
- выдача рекомендаций по локализации аварийных ситуаций;
- ряд других задач прикладного технологического характера.

В ИГС "CityCom" моделирование сетей основано на их представлении в виде многоуровневого математического графа, что позволяет решать всевозможные прикладные технологические задачи предметных областей инженерных сетей, и является ключевым отличием ИГС "CityCom" от подавляющего большинства геоинформационных инструментариев.

ИГС "CityCom" сформировалась на стыке двух различных технологий как совершенно новое семейство прикладных систем. На западе системы такого рода классифицируются как АМ/FM-системы (Automated Mapping/Facilities Management - Автоматизированное картографирование/Управление ресурсами). Мы намеренно называем их "ИГС" (Информационно-графические системы), переставив первые буквы в распространенной аббревиатуре "ГИС" и подчеркивая тем самым их особенность. Графическое представление схем инженерных сетей здесь используется в первую очередь для отображения результатов решения технологических задач.

Ядром ИГС "CityCom" является база данных паспортизации инженерных сетей, содержащая десятки реляционных таблиц, свыше тысячи связанных полей. В числе прочих, в базе данных хранятся графические и атрибутивные характеристики отображаемых объектов, на основе которых и осуществляется их графическое представление.

Основным исходным документом для ИГС "CityCom" является схема инженерных коммуникаций. При этом графическое ядро системы гибко настраивается на любой вид исходной документации (оперативные и эксплуатационные схемы, схемы на базе стандартных городских

планшетов масштабов 1:500, 1:2000, 1:5000), условные обозначения, перечень паспортизируемых параметров и т.д. Источником актуализации графической информации служит исполнительная документация с "привязочными" крестами. "CityCom" предусматривает специальный механизм корректировки электронных планшетов на основе исполнительной документации.

Для успешного внедрения все перечисленные выше подсистемы имеют различные варианты комплектации, состав которых выбирает сам заказчик. Отличие вариантов комплектации определяется перечнем технологических задач, которые могут решаться. Рассмотрим два основных варианта комплектации на примере ИГС "CityCom-ГазГраф". Это электронная модель системы газоснабжения и информационная модель диспетчерского управления.

### *ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ*

#### **Состав инструментальных средств:**

**Базовый комплекс ИГС "CityCom-ГазГраф" (в многопользовательском сетевом варианте):**

- Полнофункциональная ГИС-компонента;
- Графическое представление транспортных и распределительных сетей газоснабжения с полным описанием топологии;
- Паспортизация сетей;
- Создание и визуализация детализированных схем узлов/участков;
- Параметрические раскраски, пространственные запросы, справки и отчеты;
- Привязка и каталогизирование внешних данных (мультимедиа и документов);
- Средства оцифровки растров;
- Средства экспорта/импорта графики в/из MIF-MID;
- Автодокументирование структуры БД.

#### **Подсистема "Гидравлика":**

- Гидравлический расчет разветвленных и кольцевых газораспределительных и газотранспортных сетей высокого, среднего и низкого давления произвольной размерности, с несколькими источниками, работающими на общую сеть;
- Моделирование переключений запорно-регулирующей арматуры;
- Создание и администрирование модельных баз для многовариантных расчетов;
- Построение пьезометрических графиков (профилей давления), в том числе сравнительных;
- Групповые изменения характеристик нагрузок по заданным критериям;
- Групповые изменения характеристик участков по заданным критериям (калибровочный инструментарий).

## *ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ*

- **Базовый комплекс ИГС "CityCom-ГазГраф";**
- **Подсистема "Переключения":**
  - Ведение журнала (архива) переключений на газораспределительной сети;
  - Фиксация состояния динамических (переключаемых) элементов в контрольной базе данных модели сети (актуализация модели);
  - Обработка архива переключений.
- **Подсистема "Локализация аварий":**

Выдача рекомендаций по закрытию запорной арматуры в узлах сети с целью полной или частичной (от источников) локализации аварийного участка газораспределительной сети, с учетом критериев доступности и исправности арматуры, с генерацией отчетов о локализуемой области и отключаемых нагрузках.
- **Подсистема "Заявки" (служба "04"):**
  - Комплексное ведение диспетчерских журналов заявок на плановые и аварийные ремонтно-восстановительные работы;
  - Контроль текущего состояния заявок по этапам их жизненного цикла;
  - Привязка к графическому представлению сетей на плане местности и БД паспортизации объектов;
  - Ведение журнала повреждений с привязкой к заявкам;
  - Ведение журналов использования бригад, материалов, машин и механизмов;
  - Статистическая обработка и анализ журналов;
  - Графическая визуализация мест повреждений и дефектов по данным архива заявок и повреждений.

В целом ИГС «CityCom» внедрена в порядка 80 организациях около 50 городов стран СНГ и ближнего зарубежья. Так, например, ИГС "CityCom-ГазГраф" внедрена и активно эксплуатируется в следующих городах: г. Харьков (Харгоргаз), г. Алматы (КазТрансГаз-Алматы), г. Брянск (Брянскмежрайгаз, Брянскоблгаз), г. Нижний Новгород (Облгаз), г. Сумы (Сумыгаз), г. Тернополь (Тернопольгаз), г. Ровно (Ровногаз). На рисунках 1 и 2 показаны примеры окон ИГС «CityCom».

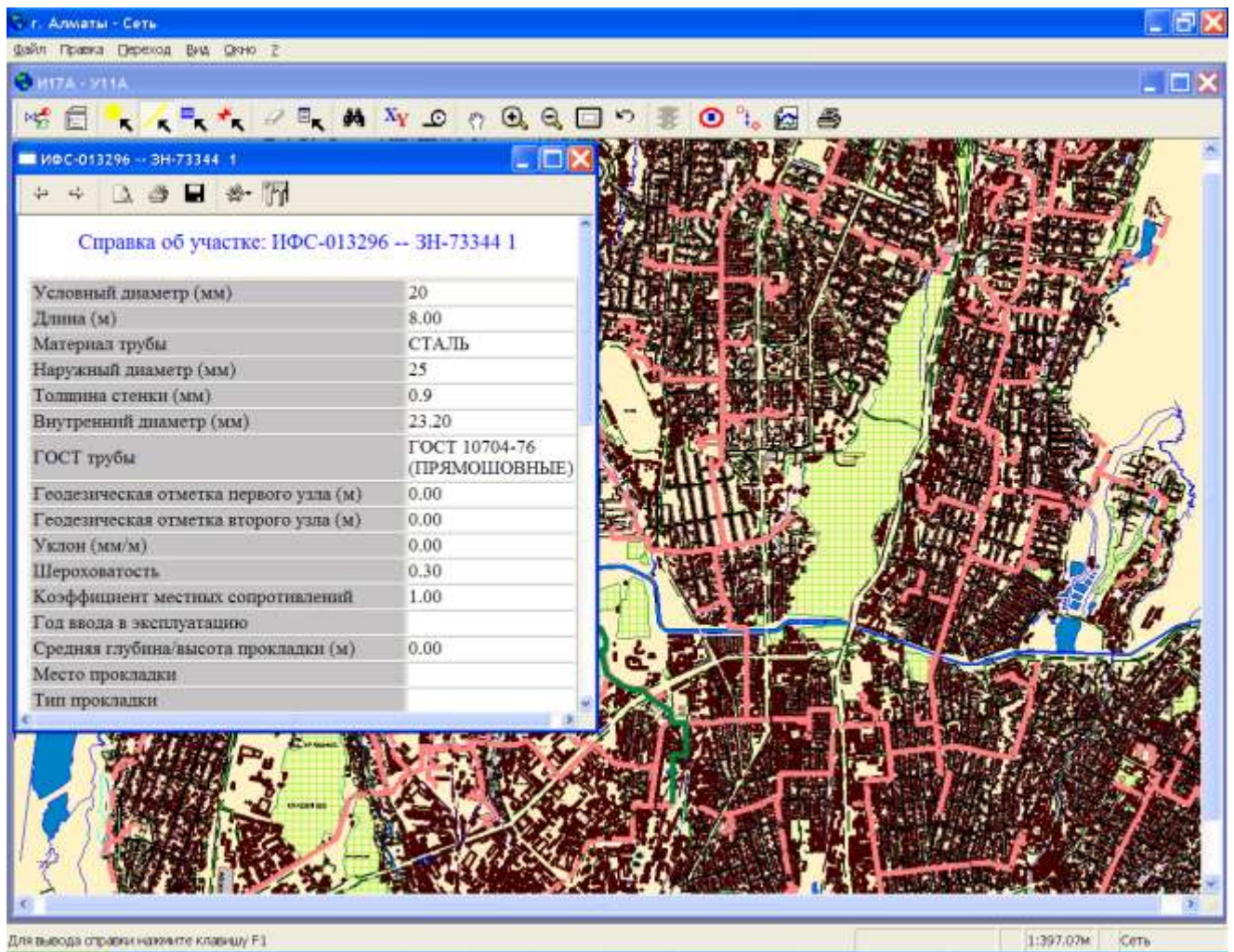


Рис. 1. Фрагмент газовой сети г. Алматы и пример вывода справочной информации об участке.



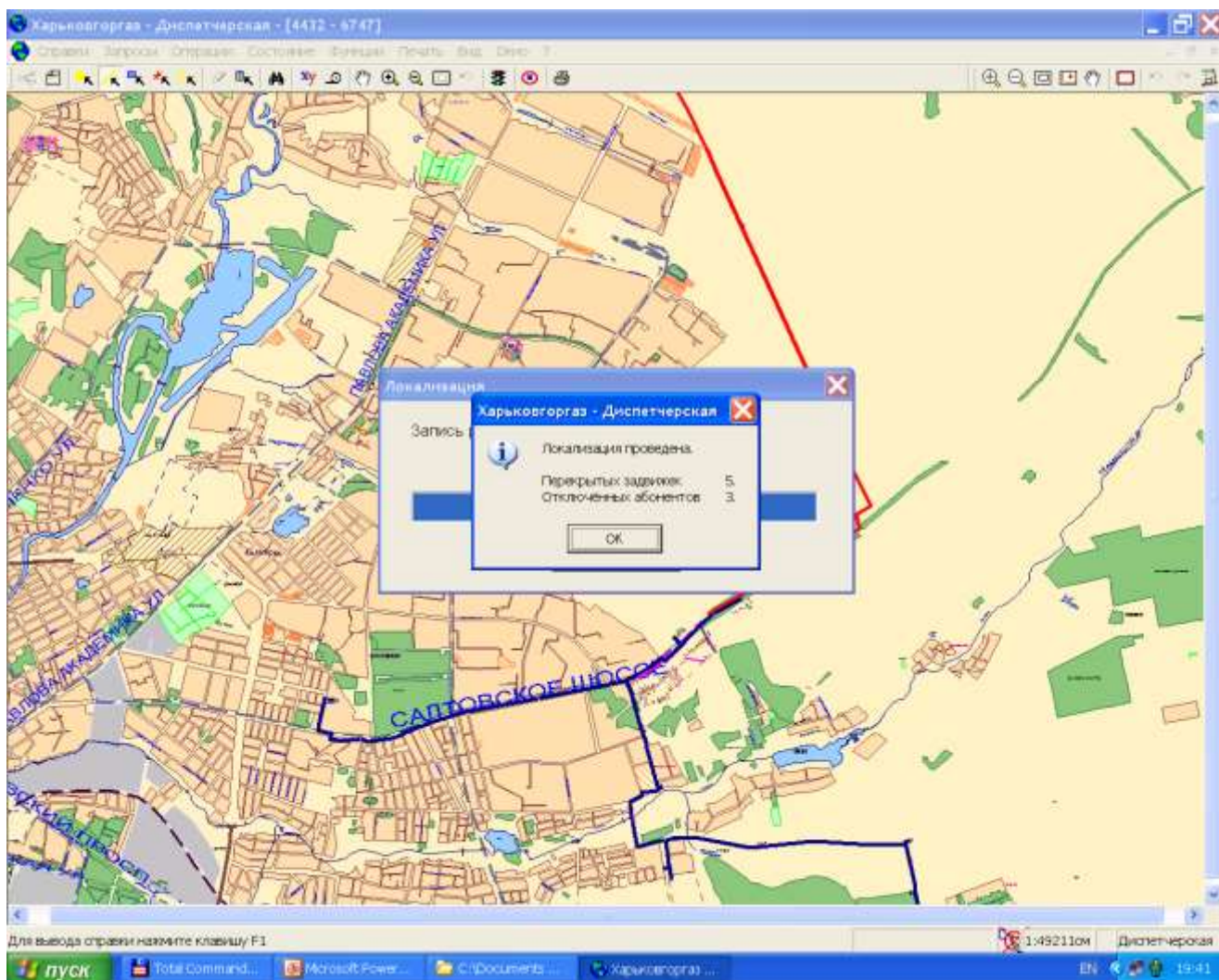


Рис. 2. Фрагмент газовой сети г. Харьков и пример вывода предварительного результата локализации участка.

### **Заключение**

Технология, лежащая в основе инструментальной платформы ИГС «CityCom», позволяет в целом исключить упомянутые в первом разделе проблемы и получить прямой и синергетический эффект от комплексного решения эксплуатационных задач предприятий инженерных коммуникаций – теплосетей, водоканалов, газораспределительных сетей, электросетей. Ключевыми принципами, положенными в основу этой технологии, и на наш взгляд, которые должны соблюдаться в любой информационной системе, являются следующие принципы.

Единое информационное пространство. Информационной основой всего комплекса подсистем, из которых строится информационная система на предприятии, должна служить единая база данных общего доступа с тщательно разработанной структурой, специально предназначенной для решения максимально возможного количества содержательных эксплуатационных задач. Даже если на начальных этапах какие-то из этих задач кажутся излишними или заведомо преждевременными, структура

информационной модели должна, тем не менее, предусматривать возможность их подключения в последующем без значительной реорганизации уже включенных в систему данных. База данных должна быть снабжена всеми необходимыми пополняемыми и расширяемыми справочниками и классификаторами для адекватного описания сетей и объектов системы инженерных коммуникаций, с полным учетом их технологической специфики.

Целостность, непротиворечивость и достоверность всей хранимой информации обеспечивается главным принципом организации информационного пространства: «Каждая единица информации должна храниться единственный раз в единственном месте». Все прикладные подсистемы – от паспортизации до ситуационного моделирования – должны получать исходные данные из общей БД и туда же помещать результаты, которые сразу же становятся доступны всем заинтересованным (и допущенным) службам и сотрудникам.

Открытость форматов хранения данных. Вся, без исключения, информация должна храниться в таблицах базы данных общепотребительного открытого формата, совместимого со всеми существующими промышленными СУБД. Структура и форматы всех таблиц должны быть полностью описаны, так чтобы любой квалифицированный независимый программист на основании этого описания мог при необходимости извлечь и перенести все информационные массивы в другую среду хранения без потерь. Кроме всего прочего, это единственный способ полного и бескомпромиссного соблюдения права собственности пользователя на принадлежащие ему данные.

Комплексный подход к решению задач. Чтобы внедряемая комплексная информационная система была содержательно полезной, эффективной и окупаемой на обозримых временных интервалах, ее идейная основа должна состоять в максимально возможном охвате большого спектра содержательных задач служб эксплуатирующего предприятия на единой информационной платформе, с учетом их взаимосвязей, как по технологической цепочке, так и по информационным потокам.

Отраслевая специфика: от "технологического частного" к "информационному общему". Практически любая предметная область техники и технологии такова, что для «глубокого проникновения» в нее (в смысле решения содержательных задач) необходимо использовать специализированные средства, разработанные целевым назначением для этой предметной области. Так называемые «универсальные» IT-инструментарии могут лишь весьма поверхностно, в самом общем виде, помочь решить наиболее простые и «универсальные» же задачи, и не более того.

В тоже время, ГИС представляются крайне удобным аналитическим и интегрирующим инструментом для построения муниципальных информационных систем верхнего уровня, поскольку они позволяют на едином плане города "наложить" в виде тематических слоев и баз данных графическую и содержательную информацию из самых разных городских служб.

Работая с несколькими упомянутыми выше предметными областями инженерных коммуникаций, мы многократно и неопровержимо убедились в том, что, даже невзирая на кажущуюся общность задач, каждая из них требует совершенно специфичных информационных описаний, алгоритмов функционирования и математических моделей. И, если попытаться «собрать» множество частных решений в общее информационное пространство посредством некой IT-платформы «универсального назначения», то в девяти случаях из десяти окажется, что эта «универсальная» платформа оказывается непригодна в качестве интеграционной среды из-за отсутствия в ее инструментарии специфических конструкций, позволяющих адекватно отразить нюансы «отраслевых» решений. Во всяком случае, нам не удалось за много лет найти достаточно эффективной и не безумно дорогой интеграционной платформы для объединения всей совокупности задач и информационных структур, характерных для предметных областей инженерных сетей, и пришлось создавать собственную платформу, обладающую признаками классической ГИС, САД-системы и промышленной СУБД. До сих пор этот подход себя полностью оправдывал во всех случаях без исключений.

### **Литература**

1. А.Р.Ексаев, М.Г.Шумяцкий. Трубопроводные сети как объект информационных систем // «ЖКХ - журнал руководителя и главного бухгалтера», изд. МЦФЭР, г. Москва, №3/2004, С. 46-48; №5/2004, с.58-60; №7/2004, С. 55-57.
2. Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д., Дубровский В.В. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях. - М.: Стройиздат, 1990. - 368 с.
3. Ексаев А.Р., Шумяцкий М.Г. Инженерные коммуникации: вопросы взаимодействия ГИС различного уровня // ЖКХ, Москва, 1999, №7, часть 1, С.66-69.