

РАЗДЕЛ 5. ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

С.Г. Слюсаренко, В.П. Рожков, С.А. Субботин, А.В. Скворцов

Томский политехнический университет, Томский государственный университет,
НПО «Сибгеоинформатика», ООО «Горэлектросети», г. Томск

1. Введение

Инженерными сетями называются технические системы транспортировки энергии, ресурсов, утилизированных отходов. Объединяет их то, что они размещаются на одной территории, имеют множество пересечений и в совокупности решают задачу обеспечения технологических процессов предприятий, комфортных условий проживания граждан. Причем, как правило, каждая из них пользуется услугами других инженерных сетей. Надежное функционирование инженерных сетей обеспечивается эксплуатационным персоналом и представляет собой комплекс событий (осмотры, испытания, ремонты, замены). Особенно важны события, которые ликвидируют слабые места путем замены или ремонта оборудования с малым остаточным ресурсом работы. Анализ текущего состояния инженерных сетей требует обработки большого количества информации и специальных алгоритмов и является весьма трудоемкой задачей. Только компьютерные технологии могут обеспечить оперативность получения необходимой информации и быстроту ее обработки.

2. Виды инженерных сетей и особенности их эксплуатации

К числу рассматриваемых инженерных сетей относятся системы электроснабжения, водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения, газоснабжения, телефонная связь, продуктопроводы и т. д. [1]. Если на территории населенных пунктов, газо- и нефтедобывающих комплексов перечисленные инженерные сети эксплуатируются отдельными самостоятельными организациями, то на промышленных предприятиях эти же и некоторые специальные сети эксплуатируются, как правило, одним подразделением. Внутри самостоятельных организаций инженерных сетей эксплуатация обеспечивается отдельными службами, поддерживающими нормальное состояние не всей системы в целом, а отдельных ее составляющих. Так, например, в электрических сетях имеются службы электрических подстанций, воздушных линий, кабельных линий, релейной защиты и автоматики, специальные лаборатории и цеха по ремонту оборудования. Каждая из служб является потребителем и источником вполне конкретной информации, которая интегрируется в производственно-технических отделах и используется для целей планирования деятельности предприятия. В свою очередь, главным специалистам требуются только оперативные сведения об основных показателях деятельности предприятия. Различные типы инженерных сетей объединяет информация об их размещении на местности, необходимая для выполнения проектных и ремонтных работ, требующих учета охранных зон находящихся рядом других коммуникаций.

3. Основные функции информационных систем

Основная функция информационных систем (ИС) заключается в оперативном обеспечении обслуживающего персонала сведениями, необходимыми в процессе эксплуатации. ИС должны не только являться хранилищем графической и атрибутивной информации, но и предоставлять возможность анализировать текущее состояние инженерных сетей, оценивать эффективность деятельности обслуживающего персонала, решать задачи развития сетей. Наиболее важными функциями ИС являются:

1. Совместное послойное представление различных коммуникаций на единой электронной топографической основе территории.
2. Оперативное получение информации о коммуникациях в любой части инженерных сетей.
3. Систематизация на картографической основе информации об объектах и оборудовании.
4. Информационное обеспечение для планирования работ по реконструкции и ремонту инженерных сетей с учетом имеющихся коммуникаций.
5. Отслеживание неисправностей, регламентных и ремонтно-восстановительных работ с указанием исполнителей.
6. Отражение на схемах сетей вывода из работы участков трасс коммуникаций на ликвидацию аварий или ремонт.
7. Контроль сроков и качества выполнения работ.
8. Отслеживание остаточного ресурса оборудования.
9. Отображение на плане местности планируемых и выполняемых работ на объектах.
10. Выделение на карте и составление списка абонентов, потерявших услуги ввиду отказа оборудования.
11. Решение проблем резервирования услуг при плановых отключениях оборудования.
12. Контроль графиков выполнения ремонтно-восстановительных работ.
13. Контроль качества ремонтных работ по повторным отказам оборудования.

14. Формирование статистики отказов оборудования, необходимой для обеспечения надежности функционирования сети.
15. Систематизация информации, необходимой для формирования графика регламентных и ремонтно-восстановительных работ.
16. Контроль расхода материалов, затраченных на ремонтно-восстановительные работы.
17. Отслеживание «движения» оборудования по объектам и владельцам.
18. Оценка остаточной стоимости основных фондов.
19. Проведение инвентаризации инженерных сетей.

Перечисленные выше функции реализуемы в ИС, построенной на основе геоинформационной системы (ГИС) и системы управления базами данных (СУБД). В качестве ядра информационной системы авторы используют ГИС ГрафИн, обладающую возможностями полнофункциональной ГИС и большинством функций САПР [2]. Это позволяет наряду с традиционными для ГИС векторными слоями (например, шейп-файлами) использовать специальные слои чертежей для представления принципиальных схем инженерных сетей.

4. Структуры информационных систем

ИС должны состоять из графических и атрибутивных баз данных. Графические базы данных представляют собой набор карт, состоящих из тематических слоев и содержащих пространственно определенную информацию. Графическое представление сетей формируется из условных обозначений, соответствующих отдельным типам оборудования. Атрибутивная база данных содержит алфавитно-цифровую информацию об элементах сети, связанную с графическим изображением элемента на карте. Графические и атрибутивные модели объектов и оборудования созданы на основе нормативных документов по эксплуатации инженерных сетей.

В общем случае структуры информационных систем инженерных сетей поддаются унификации. Особенно необходима унификация для промышленных предприятий, поскольку пользователям приходится иметь дело с различными типами сетей. Схема потоков информации определяется структурой аппарата управления конкретного предприятия и может изменяться с течением времени. Поэтому ИС должна обладать возможностью адаптации к местным условиям эксплуатации. В качестве примера приводится одна из используемых структур ИС:

1. Первыми во всех подсистемах являются разделы, представляющие трассы соответствующих коммуникаций с привязкой к контурам зданий и сооружений плана местности. С увеличением масштаба в контурах объектов сетей автоматически становятся видимыми соответствующие планы их строительной части.

2. Вторые разделы представляют оперативные схемы сетей на плане местности с имитацией текущих и возможных состояний коммутирующих элементов (выключателей, задвижек, кранов – для электрических и трубопроводных сетей). При определенном масштабе в контурах объектов становятся видимыми их оперативные схемы.

3. Третьими разделами подсистем являются оперативные или принципиальные схемы сетей без привязки к местности, но с высокой обзорностью.

Для первых разделов ИС общими слоями являются слои топоосновы (рельеф, гидрология, дороги и проезды, здания и сооружения). Далее следуют слои трасс коммуникаций (кабельные и воздушные линии, трубопроводы и т. д.) и слои объектов (колодцы, насосные станции, электрические подстанции и др.) [1]. Нормативными документами предусмотрено ведение трасс коммуникаций в масштабе 1:500. Для обзорных схем можно использовать меньшие масштабы. Трассы коммуникаций задаются координатами характерных точек, возможна также привязка этих точек при помощи размерных линий (рис. 1).

Во вторых разделах линии и контуры объектов рисуются условно. Так, например, для электрических подстанций линии высокого напряжения подходят сверху, а низкого напряжения – снизу (рис. 2). При увеличении масштаба в контурах объектов прорисовываются их принципиальные схемы (рис. 3). В результате пользователь имеет возможность увидеть топологически связную сеть от источников энергии (подстанций энергосистем) до потребителей энергии, при этом в атрибутах каждому электрическому вводу ставится в соответствие список абонентов и технические условия их подключения.

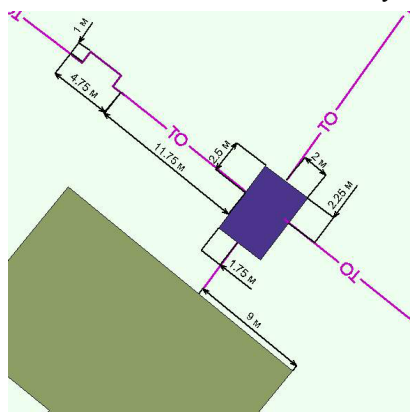


Рис. 1. Трассы коммуникаций (тепловые сети)

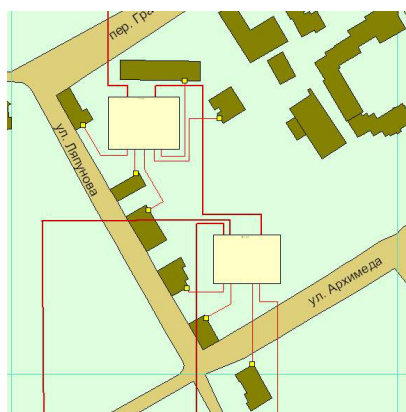


Рис. 2. Оперативная схема на плане местности (горэлектросети)

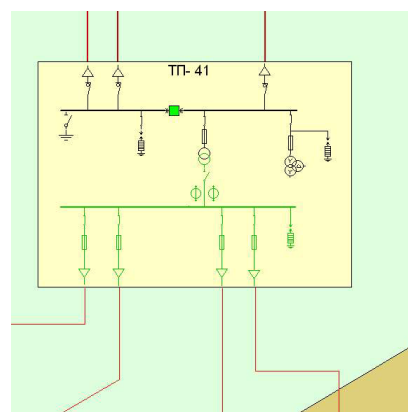


Рис. 3. Оперативная схема подстанции (горэлектросети)

Третьи разделы информационных систем представляют компактные технологические схемы без топологии с высокой степенью обзорности. Они предназначены для диспетчерских служб, производственно-технических отделов и могут использоваться в качестве расчетных схем для решения инженерных задач.

5. Поток информации

Направление потоков информации определяется структурой предприятия, технологическим процессом эксплуатации сетей, уровнем секретности информации. Организация информационных потоков осуществляется средствами администрирования ИС. Доступ к информации отдельных пользователей определяется должностными инструкциями. Изменение структуры информационных потоков возможно только по распоряжению главных специалистов. На рис. 4-6 приведены возможные варианты схем информационных потоков различных предприятий.

6. Атрибутивные базы данных

Атрибутивное описание объектов и оборудования должно содержать всю полезную информацию. Поскольку для отдельного пользователя она является избыточной, то предусматривается настройка состава информации. При этом по желанию пользователь должен иметь возможность видеть всю информацию. Настройка информационных моделей для пользователя исключает реагирование на ненужные сведения, тем самым снимая напряженность внимания. Полное техническое описание оборудования и объектов является достаточным для автоматизированной подготовки разделов данных для программных комплексов, выполняющих инженерные расчеты. Атрибутивные базы данных делятся на два основных раздела:

- технические паспорта объектов и оборудования;
- технологическая информация, отслеживающая «жизненный цикл» от монтажа и ввода в эксплуатацию до списания и демонтажа.

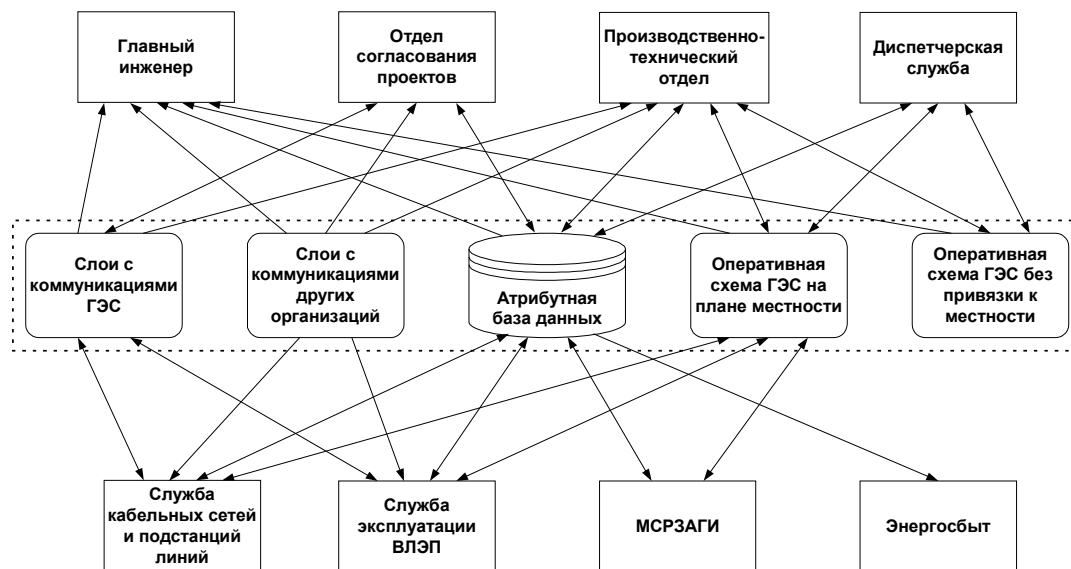


Рис. 4. Структура информационной системы городских электрических сетей

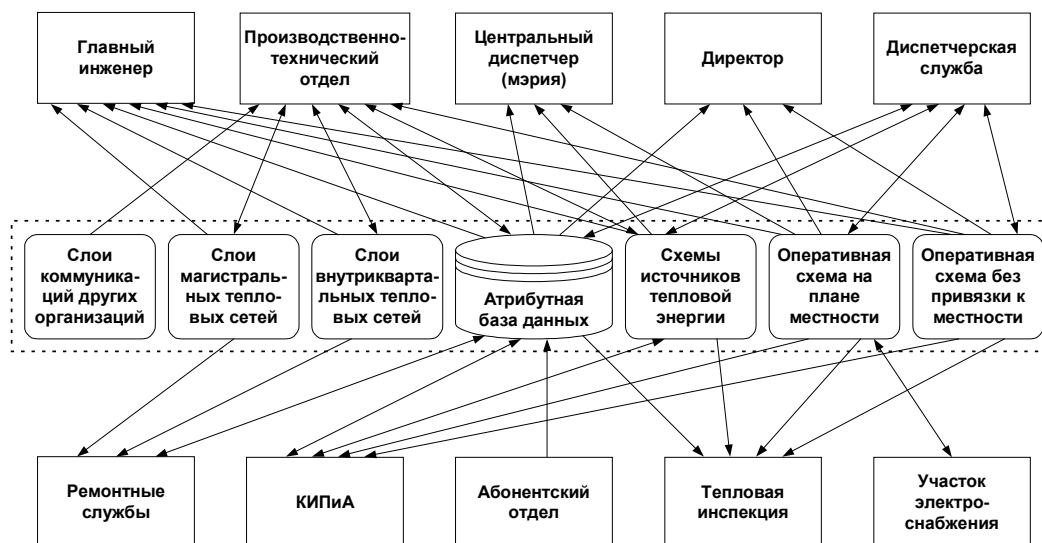


Рис. 5. Структура информационной подсистемы тепловых сетей

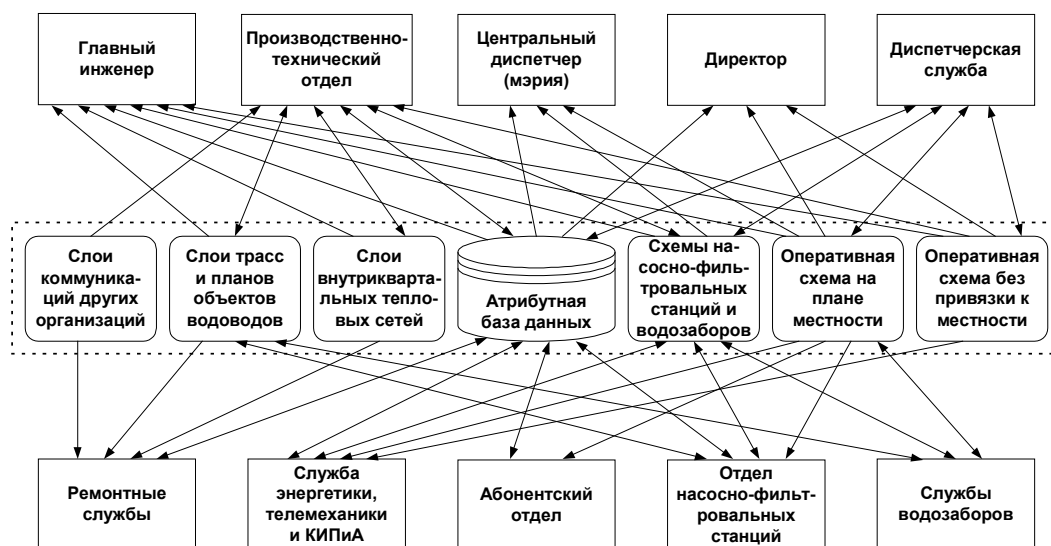


Рис. 6. Структура информационной подсистемы водопроводных сетей

В число событий технологического характера входят осмотры, испытания, предупредительные и капитальные ремонты. Результатом этих событий являются обнаружение неисправностей, их ликвидация с указанием затрат материалов и оценка остаточного ресурса. Накапливаемая статистика по отказам оборудования позволяет формировать собственные показатели его надежности, принимать решения о приобретении нового оборудования, получать более объективную оценку аппаратной надежности инженерных сетей. Каждое событие характеризуется датой и временем начала и окончания события, а также списком лиц, выполнявших работы по данному событию.

Ввод атрибутивной информации осуществляется с графического изображения элементов сети, из различных разделов ИС. Так, например, атрибуты кабельных муфт и отрезков кабеля можно ввести из раздела «трассы инженерных коммуникаций», параметры отрезков трубопроводов тепловой сети – из «оперативной схемы на плане местности», так как именно там представлены прямая и обратная трубы со всей арматурой, в отличие от первого раздела, где нанесены только осевые линии трубопроводов. Атрибуты оборудования объектов могут вноситься из второго и третьего разделов ИС. С целью исключения неоднозначности при атрибутивном описании объектов и оборудования широко используются справочники.

7. Информационные запросы

Информационные запросы подразделяются на два типа: атрибутивные и графические. Простейшие атрибутивные запросы по количественной оценке того или иного объекта или оборудования реализуются с помощью генератора запросов. Для этого в специальном редакторе выбирается необходимый слой, если требуется – тип элементов, и формируется выражение, состоящее из арифметических и логических операций, некоторых функций и имен атрибутов. При выполнении запроса на карте выделяются все элементы, для которых заданное выражение является истинным. Кроме того, могут быть подсчитаны некоторые интегральные характеристики (сумма, среднее, минимум и др.). Также существует возможность выдать список полученных в результате запроса атрибутов в виде таблицы. Более сложные атрибутивные запросы могут быть реализованы на одном из языков программирования, поддерживающем Active-X интерфейс.

Графические запросы реализуются на основе векторных и графовых моделей сетей. В табл. 1 приведена общая структура информационных запросов.

8. Инженерные задачи

Традиционно расчеты режимов инженерных сетей основываются на их графовых моделях. Исходная информация при этом представляется тремя разделами: информация по вершинам, информация по ветвям и общая информация, определяющая условия выполнения расчетов. Программное ядро ИС содержит модуль, обеспечивающий процесс формирования графа сети на основе ее векторного изображения. Формализация процедуры обеспечивается настройкой графовой модели посредством описания вершин и ветвей. Так, например, вершинами могут быть подстанция, насосная станция, секция сборных шин подстанции, тройник трубопровода.

Поскольку топология сетей определяется состоянием коммутаторов (выключателей, кранов, задвижек), то представляется возможным имитировать любые структурные изменения сетей, включая перспективное развитие. Для этой цели специальными информационными запросами могут быть созданы разделы данных для программ по расчету режимов выделенной коммутаторами части сети. ИС позволяют разрабатывать и использовать собственные программные продукты, а также подключать программные комплексы, обмениваясь с ними данными в некотором документированном формате. Результаты выполненных расчетов могут быть отображены на графическом изображении сетей. Представляется также возможным имитировать работу технических средств регулирования параметров режимов, защит оборудования, автоматики ввода резерва услуг, телеметрии.

Таблица 1. Общая структура информационных запросов

Тип запроса	Содержание	Используемые справочники
Графический	Выделить различными цветами распределенные объекты заданного типа	Типы распределенных объектов. Режим запроса (для всей сети, от выделенных объектов)
	Выделить цветом на топооснове здания и сооружения, получающие услуги от выделенного объекта	Справочник объектов
	Выделить цветом все пересечения и места недопустимо близкого расположения осевой линии трассы планируемой сети, с трассами других инженерных сетей	
	Выделить цветом на топооснове здания и сооружения, потерявшие услуги (в результате аварии или планового ремонта) и представить список объектов специального назначения (школы, больницы...)	
Атрибутивный по оборудованию	Список оборудования заданного типа	Справочник типов оборудования. Режим запроса (для всей сети, от выделенных объектов). Справочник принадлежности
	Список оборудования заданного типа с заданным набором технических параметров	Справочник типов оборудования. Технический паспорт выбранного типа оборудования. Справочник принадлежности
	Список оборудования, с которым произошло заданное событие (за указанный промежуток времени)	Справочник типов оборудования. Справочник событий. Справочник принадлежности
	Список неисправного на выделенном объекте оборудования, подлежащего заданному техническому обслуживанию	Режим запроса (для всей сети, от выделенных объектов). Справочник типов оборудования (+для всех типов). Справочник видов технического обслуживания Справочник принадлежности
Атрибутивный по объектам	Список объектов заданного типа	Справочник типов объектов. Справочник принадлежности
	Паспорт объекта (как совокупность паспортов оборудования)	
	Список объектов, с которыми произошло заданное событие (за указанный промежуток времени)	Справочник типов объектов. Справочник событий. Справочник принадлежности
	Список объектов, имеющих неисправности строительной части и подлежащих заданному типу технического обслуживания	Справочник типов объектов. Справочник типов неисправностей. Справочник типов тех. обслуживания Справочник принадлежности
	Суммарная протяженность распределенных объектов	Справочник типов объектов Справочник материалов. Справочник сечений. Справочник принадлежности

9. Особенности внедрения ИС

Переход на компьютерную технологию ведения технической документации приводит к изменению технологических цепочек эксплуатации инженерных сетей. Многим сотрудникам приходится осваивать компьютерную технику на пользовательском уровне, а для некоторых эта задача связана с преодолением психологического барьера. Наиболее трудным является первоначальный период ввода данных. Трудности связаны с тем, что помимо обучения, ввода данных, приходится параллельно вести всю документацию на бумаге. Длительность начального ввода информации зависит от наличия и качества технической документации на бумажных носителях. Как показывает опыт, большинство предприятий долгие годы не вело документацию надлежащим образом. В результате требуются серьезные затраты времени и средств на инвентаризацию инженерных сетей. Кроме того, оказалось, что значительная часть информации, предусмотренная нормативными документами, остается практически невостребованной, следовательно, требуется пересмотр некоторых нормативных документов по эксплуатации инженерных сетей. Особое внимание следует обратить на то, что зачастую опыт-

ные эксплуатационники преклонного возраста, обладая большими знаниями и авторитетом, буквально саботируют внедрение информационных систем. Поэтому желательно проведение специального курса обучения, позволяющего убедить таких специалистов в необходимости перехода на новые технологии. Второй вариант – это жесткое административное решение этой проблемы. В зарубежной практике такой процесс называется реинжинирингом. Основными же трудностями в настоящий период являются трудности финансовые. Чаще всего они вызваны не отсутствием возможности финансирования, а боязнью рисковать и неумением довести начатое дело до конца.

Кроме того, внедрение ИС осложняется следующими факторами:

- Отсутствие нормативной базы по переходу инженерных сетей на новые компьютерные технологии документооборота.

- Юридически остаются в силе старые нормы социалистического периода.

- Некоторыми предприятиями делаются разрозненные попытки использовать вычислительную технику, но только в качестве хранилища информации, в результате финансовые и интеллектуальные ресурсы тратятся на создание локальных примитивных баз данных, интеграция которых практически невозможна.

- Неверная ориентация служб АСУ предприятий только на задачи бухгалтерии и абонентских отделов.

- Низкое качество топографической основы.

- Отсутствие координирующей роли городских властей, в результате чего отсутствует взаимосвязь между различными кадастрами (земельным, недвижимым, инженерных сетей) [3]. В результате расходуется много времени и средств на инвентаризацию и описание одних и тех же объектов с точки зрения разных кадастров. Например, учет охраняемых зон инженерных сетей в земельном кадастре можно было бы осуществлять вычислением буферных зон трасс коммуникаций в рамках кадастра инженерных коммуникаций.

- Отсутствие единой для всех кадастров идентификации объектов и оборудования.

Однако в тех организациях, где специально выделяются людские и финансовые ресурсы на начальный ввод информации, достаточно быстро происходит адаптация технического персонала к новым условиям эксплуатации инженерных сетей.

10. Выводы

Внедрение ИС инженерных сетей является актуальной задачей, для решения которой необходимо:

- Создание нормативной базы по новым информационным технологиям.
- Плановое выделение финансовых средств на внедрение компьютерных технологий в инженерных сетях.
- Интеграция всех видов кадастров.
- Обучение аппарата управления инженерными сетями основам информатики.
- Привлечение молодых специалистов.
- Пропаганда новых информационных технологий в средствах массовой информации.
- Кооперация российских разработчиков информационных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скворцов А.В., Слюсаренко С.Г., Субботин С.А., Кобрин А.Ю. Информационное обеспечение инженерных сетей // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998, с. 206-225.
2. Скворцов А.В. Система ГрафИн // Геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998, с. 182-193.
3. Скворцов А.В., Бабанов А.М., Слюсаренко С.Г. Кадастровое обеспечение задач управления городом // Интеркарто-4 (материалы международной конференции). – Барнаул, 1998, с. 416-419.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ СЕТЯМИ

А.В. Кудинов

Томский политехнический университет

1. Введение

Технологическая революция последнего десятилетия в области вычислительной техники сделала возможным использование на простом офисном или даже портативном компьютере программных продуктов и технологий, которые ранее были под силу лишь мощным ЭВМ и рабочим станциям. Одной из таких шагнувших в массы технологий стала геоинформатика. Помимо расширения круга пользователей геоинформационных систем (ГИС) сместились также и приоритеты решаемых с их помощью задач. Если ранее помимо электронной картографии основной сферой применения было проектирование пространственно распределенных объектов и стратегическое планирование их эксплуатации, то сейчас на первый план выходят задачи оперативного управления, оптимизации деятельности, анализа влияния на другие объекты и т.п.

Одной из наиболее динамично развивающихся ГИС-технологий является автоматизация управления пространственными объектами, структура которых может быть описана как сеть. К таким объектам относятся