

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

Проводится обзор информационных систем различных классов, используемых для проектирования и информационной поддержки инженерных сетей. Рассматриваются такие классы продуктов, как геоинформационные системы, системы автоматизированного проектирования, а также специализированные системы. Выдвигаются критерии практической пригодности систем, и проводится их совместная оценка.

С развитием современных информационных технологий появилась возможность создавать комплексы, способные помогать задачам управления такими крупными системами, как инженерные сети. Такие комплексы выполняют функции проектирования, инвентаризации, моделирования, а также информационной поддержки экспертных оценок и принятия решений.

Разработчиками и исследователями предлагается большое число различных решений. Однако они сильно разнятся по своим параметрам, возможностям и, в конечном итоге, по практической применимости для решения насущных и перспективных задач, встающих при управлении инженерными сетями.

БАЗОВЫЕ КЛАССЫ СИСТЕМ

В настоящее время сложился определенный круг базовых систем, используемых для инженерных сетей. Исторически первыми здесь были системы автоматизированного проектирования (САПР), при помощи которых разрабатывались проекты отдельных элементов сетей, а также специализированные системы для проектирования инженерных сетей. На данном этапе решался достаточно узкий круг задач, а предприятия, эксплуатирующие инженерные сети, такими системами не пользовались ввиду их совершенной непригодности для решения большинства оперативных задач управления [1].

Другим проблемно-ориентированным классом систем можно назвать разработку баз данных, призванных обслуживать инвентаризационные запросы, работу с потребителями и другие задачи. Как правило, такие разработки оставались уникальными, единая методология построения оставалась на уровне создания ER-моделей для данного конкретного заказчика. Кроме того, оторванность таких систем от оперативной инженерной информации делало такие системы ограниченно пригодными [2].

Следующим независимым классом систем, примененных для инженерных сетей, стали геоинформационные системы (ГИС). Эти системы отвечали потребностям пространственного моделирования инженерных сетей, их взаимной увязке с объектами окружающего мира. Однако при использовании ГИС встает ряд проблем. Инструментальные ГИС в чистом виде не могут решать специфические задачи моделирования и расчета. Для решения этих задач требуются дополнительные модели, алгоритмы и встроенные процедуры [3 – 5].

Для решения задач, связанных с расчетом параметров функционирования, расчета режимов и поведения сети в исключительных случаях независимо были созданы специализированные системы. Они имеют встроенные средства создания принципиальных схем и внутренние базы данных, содержащие только информацию, необходимую для расчетов [6]. Несмотря на большую значимость получаемых результатов, эти системы остаются зачастую оторванными от реальной информации о том, что из себя

представляет сеть, и решают задачи расчета на довольно грубом приближении к ней [7].

Все вышесказанное указывает на то, что в отдельности данные классы систем не могут комплексно решить задачу информационной поддержки инженерных сетей. Как следствие были предложены различные подходы к решению данной проблемы, а именно построение специализированных систем.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

Первый подход к решению этой проблемы состоит в создании информационной системы, внутри которой будет реализована специализированная ГИС. Примером такого подхода являются информационные системы, разрабатываемые в ИВЦ «Поток» [6] и компаний «Политерм». Обоснованием такого подхода является то, что каждая конкретная область сетевой инфраструктуры имеет свои задачи и особенности. Именно эти особенности диктуют выбор инструментария, при этом вряд ли удастся согласовывать функциональные требования, предъявляемые к таким системам. Поэтому единственным (в данном понимании) решением будет создание локальных и отраслевых ГИС специального назначения, а наилучшим способом их интеграции является разработка принципов представления объектов муниципальной инфраструктуры и разработок обменных форматов на основе этих принципов.

Второй подход заключается в интеграции универсальных инструментальных ГИС или САПР и других программных комплексов с применением методов системной интеграции. Проблема интеграции программных средств, опирающихся на общую информационную базу, является ключевой для многих предприятий. В настоящее время создание их затруднено, так как специализированные программы моделирования и расчета являются недостаточно открытыми и их интеграция на основе современных принципов и технологий невозможна или затруднена [8].

У каждого подхода есть свои плюсы и минусы. В первом случае собственная система более открыта, и разработчикам более удобно создавать информационно-расчетные приложения, но требуется создание подсистемы, выполняющей стандартные функции ГИС, которые уже реализованы во многих инструментальных системах. Во втором случае создание системы обходится меньшими трудовыми и финансовыми затратами, кроме того, программная система реализуется на более качественном уровне [9].

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ

В настоящее время на рынке представлено несколько видов систем, используемых для информационной поддержки инженерных сетей:

- САПР;
- системы управления инженерными сетями;
- ГИС.

САПР – это достаточно хорошо развитая область программного обеспечения, в которой специализируются такие известные фирмы, как AutoDesk Limited [10], Seli, Intergraph, DesignCAD, MicroStation, Bentley и другие.

САПР-системы поддерживают большой список устройств ввода-вывода, позволяют работать со слоями и имеют много других достоинств, но не способны обеспечить удобную работу с большими массивами пространственной информации, и в частности с картой. Правда, в последних версиях САПР-систем так же, как и в ГИС появилась возможность работать с базами данных и с картами [11]. Основным отличием от ГИС является то, что в ГИС данные в пределах одного слоя однородны, а в САПР – нет.

Важным моментом является то, что САПР, как правило, не предоставляет развитых средств подключения баз данных, что сильно затрудняет организацию специализированных систем, имеющих сложную модель данных, реализованную на базе внешней СУБД.

ГИС. Такого рода системы связаны прежде всего с задачами природопользования, а также территориального планирования и управления. Одним из первых разработчиков ГИС был Институт исследования систем окружающей среды (ESRI) в США. В России такого рода системы также появились впервые в организациях геологического и географического профиля (Фирма Ланэко, ЦГИ ИГ РАН, географический факультет МГУ). Описания объектов в данных системах позволяют определять взаимосвязи явлений, производить построение буферных зон и т.д.

Рассматривая современные ГИС, необходимо учитывать, что возможности различных классов этих систем неодинаковы. Можно выделить два класса ГИС. Первые – это мощные, ориентированные на рабочие станции или мощные ПК и сетевую эксплуатацию системы, обрабатывающие колоссальные объемы информации, имеющие разнообразные средства ввода и вывода и документирования. Яркими представителями этого класса являются такие продукты, как MicroStation/J (Bentley Systems, Inc.), GIS Office (Intergraph Corp.) ArcInfo [18], ArcGIS (ESRI), MapInfo [19], GDS, GRASS [20] (ГИС министерства обороны США), Manifold (CDA International) [32], Idrisi (Clark Labs), Universal GIS (SOTO-ANT Tech., Inc.) [21], GSRMS (ГНПП Укринжгеодезия) и другие. Эти системы имеют универсальный характер, позволяющий им быть применимыми в различных отраслях с одинаковым успехом. Отличительной особенностью многих из этих систем является кросс-платформенность и ориентирование на клиент-серверную технологию. Большинство систем имеют надстройки и модули, ориентированные на решение задач в различных отраслях. Для инженерных сетей это такие модули, как ArcFM (facility management) для ArcInfo и ArcGIS [22,23,24], Nets для Universal GIS. Последняя разработка фирмы ESRI – ArcGIS Schematics [25] – предназначена для автоматизированного построения схем инженерных сетей в рамках ArcGIS.

Вторую группу составляют настольные геоинформационные системы, которые обладают несколько меньшими возможностями, чем описанные выше системы, и предназначенные для решения в первую очередь научных задач, но могут быть использованы в задачах управления. Эти системы доступны большинству коллективов и могут работать в любом малом офисе.

Типичными представителями таких систем являются MapInfo, Atlas GIS, PROCART, SYSTEM 9, Manifold, семейство CARIS: Carta, Gemm [33], WinGis, ArcView, GeoGraph / GeoDraw [36,37], ГИС «Альбея» (МНВП «Альбея»), ГрафИн [26], GeoLink, Интегро [35].

Системы управления инженерными сетями (трубопровод, энергетические, дорожные, телефонные сети и т.д.) – это системы управления пространственно распределенными объектами, с каждым из которых связана существенная содержательная информация. И в этом много общего между ГИС и этими системами. Следует заметить, что для решения большинства задач сетевого управления вовсе не важна метрическая точность действительного положения объектов в пространстве. И это сближает данные системы с системами САПР. Однако наметившееся в последнее время расширение функций этих систем не только функциями управления сетевыми объектами, но и задачами проектирования и эксплуатации привело к необходимости точной координатной привязки сетей и совместному использованию этой информации с другой пространственной информацией, определяющей взаимное положение и влияние объектов реального мира [27, 28].

В большинстве разработкой систем управления сетями занимаются научно-исследовательские институты или университеты, профилирующим направлением которых является коммунальное хозяйство (civil engineering), отделы управления ресурсами, а также коммерческие фирмы.

Набор программных продуктов для работы с инженерными сетями можно разделить на три основных класса:

- основывающийся на платформе САПР;
- основывающийся на платформе ГИС;
- не имеющий графической части.

К программным системам, построенным на платформе САПР и обеспечивающим решение проектных задач, относятся CADdy фирмы Ziegler (Германия), группа продуктов CREDO фирмы «Кредо-Диалог» (Минск, Белоруссия), система ReCAD (разработка ООО ИДЦ «Индор», Томск), семейство программных продуктов Civil Engineering корпорации Intergraph, США и многие другие.

Программные продукты семейства Civil Engineering предназначены для разработки проектов автомобильных и железных дорог, ландшафтов и инженерных сетей. В состав большинства продуктов включены средства DraftWorks. Большинство этих продуктов являются приложениями к интегрированной графической среде MicroStation (Bentley Systems Inc.), использующими все мощности данного графического редактора. Наиболее известными системами в рамках семейства Civil Engineering можно отнести ISOGEN (фирма Alias Ltd), CADPipe ISO (фирма Orange Technologies), AutoPLANT Isometrics (фирма Rebis), L/ISO (фирма Logos).

В 1998 г. появилось семейство программных продуктов SelectCAD, которые могут функционировать как на базе AutoCAD 2000 и выше, так и на базе MicroStation 95/SE/J.

К программным комплексам, имеющим в себе функции управления инженерными сетями и функции ГИС, относятся программные продукты, разработанные фирмами ИВЦ «Поток» (Россия) и ИБК «Модель» (Украина). Ими созданы пакеты комплексов программно-технических средств различных тематик

«Водоснабжение и водоотведение» (ИГС «WS-Inventory»), «Теплоснабжение» (ИГС «HeatGraph»), «Газоснабжение» (ИГС «GasGraph») [6,12]. Также следует отметить разработки компании «Политерм»: ГИС Зулу и системы теплового расчета на ее базе.

Информационные системы по дорожным сетям представлены разработками ГП РосДорНИИ, ОАО «Терра» (Воронеж), МАДИ (ГТТУ) и др. [13 – 15]. Подробные обзоры данных систем приведены в [16, 17].

Из числа зарубежных фирм можно выделить Haestad Methods, Inc с системами, посвященными гидравлическим расчетам WaterCAD и Cybernet. Система ODULA 2.0 (фирма HYDROINFORM Prague) предназначена для строительства сетевой модели водопроводной сети. Для анализа информации, описывающей телефонную сеть, можно назвать разработку фирмы АОЗТ «Резидент» – COPPER MAP 1.0. Системы семейства SmallWorld фирмы GE Network Solutions предназначены для электрических, водопроводных, тепловых и газовых сетей [31]. Система FRAMME (фирма Intergraph) предназначена для построения моделей любых инженерных сетей и создания информационных систем на их базе. Система AutoPLANT (фирма Rebis совместно с Bentley Systems, Inc.) предназначена для пространственного и информационного моделирования сложных трубопроводных и электрических сетей и одновременно является по сути специализированной системой проектирования.

К основным функциям дополнительных модулей, предназначенных для моделирования инженерными сетями, можно отнести:

- построение трехмерных моделей инженерных сетей;
- работу с телеметрической информацией;
- работу со схемами, планами, разметкой сооружений и оборудования;
- ведение архива повреждений и изменения параметров;
- выполнение технологических расчетов;
- выдачу рекомендаций по локализации аварий;
- моделирование переключений.

Для моделирования дорожных сетей используются более изощренные надстройки, моделирующие дороги в виде ориентированных графов, учитывающих транспортные развязки [34].

СРАВНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Для сравнения необходимо выделить ряд факторов, которые будут являться существенными при выборе какого-либо решения. К ним относятся: стоимость, функциональная полнота, модели и алгоритмы, используемые в системе.

В [29,30] приведены общие требования, предъявляемые к базовым возможностям информационных систем для инженерных сетей:

- наличие схематического представления сети с имитацией состояния элементов и участков сети;
- наличие геометрического представления сети на плане или карте с размерными привязками, пригодное для чертежного представления и задач согласования;
- наличие атрибутивного описания технических параметров элементов сети;
- описание движения (жизненного цикла) сети и ее элементов;
- наличие средств документооборота.

В табл. 1 приводится сравнение различных видов систем, нашедших широкое распространение на отечественных предприятиях инженерных сетей и в мировой практике.

Таблица 1

Сравнение возможностей систем

Параметр	Система						
	Дакар	ИГС WS-Inventory	ИГС HeatGraph	FRAMME	Анапэс	Зулу	SmallWorld ArcFM/Arc Schematics
Представление сети на плане местности	–	+	+	+	–	+	+
Привязка с разметкой	–	+	+	+	–	+	–
База данных по техническим параметрам объектов сети	–	+	+	+	–	+	+
Полное отслеживание неисправностей, работ, исполнителей, затрат	–	–	–	–	–	+	–
Отслеживание изменений параметров оборудования	–	–	–	–	–	+	–
Наличие оперативной схемы с имитацией состояний элементов	+	+	+	+	+	+	+
Ведение документов	–	–	–	+	–	–	–

Для оценки практической пригодности рассмотренных выше классов систем введем такие важные эксплуатационные качества, как простота использования, требования к оборудованию, наглядность результатов работы, эффективность использования, сложность внедрения, функциональность и стоимость. В табл. 2 приводится оценка этих параметров.

Таблица 2

Сравнение классов информационных систем для инженерных сетей

Параметр	Класс			
	САПР	ГИС	Системы управления на базе СУБД	Специализированные системы
Простота использования	–	–	+	+
Требования к оборудованию	Высокие	Высокие, средние	Низкие	Высокие, средние
Наглядность результатов	+	+	–	+
Эффективность использования	–	–	+	+
Сложность внедрения	–	–	+	–
Функциональность	–	–	–	+
Стоимость	–	–	+	–

Приведенное рассмотрение показывает, что ни один из классов продуктов не может претендовать на роль лучшей системы для управления инженерными сетями, так как они либо не решают все необходимые задачи, либо решают их недостаточно удобно и эффективно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный обзор позволяет сделать следующие выводы. В настоящее время существует тенденция использования неспециализированных базовых программных комплексов – ГИС и САПР – для построения на их основе систем информационного моделирования инженерных сетей. В то же время на практике также

имеют место специализированные комплексы, обладающие широкими возможностями по поддержанию детально проработанной и непротиворечивой модели. Однако такие комплексы, как правило, имеют очень высокую цену и требуют больших вычислительных ресурсов. В то же время современные настольные системы ГИС и САПР имеют все необходимые средства для интеграции в информационные комплексы.

Все это позволяет сделать вывод о целесообразности и эффективности построения систем информационного моделирования с использованием универсальной ГИС, имеющей средства интеграции и предназначенной для выполнения таких подзадач, как отображение данных и пространственный анализ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаренко С.В., Гуральник М.Л. САПР-подход к инженерным коммуникациям // Инженерные коммуникации и геоинформационные системы: Материалы первого учебно-практического семинара «ГИС-Ассоциация», 14–17 октября 1997 г. М., 1997. С. 10–14.
2. Крысин С.П., Акулов А.П., Сарычев Д.С. Подход к построению информационной системы автомобильных дорог // Актуальные проблемы повышения надежности и долговечности автомобильных дорог и искусственных сооружений на них (Труды Всерос. науч.-практич. конф.). Барнаул, 2003. С. 20–22.
3. Байсфельд В.А., Ексаев А.Р. Принципиальные основы применения ГИС-технологий для городских инженерных коммуникаций // Инженерные коммуникации и геоинформационные системы: Материалы первого учебно-практического семинара «ГИС-Ассоциация», 14–17 октября 1997 г. М., 1997. С. 3–9.
4. Коновалова Н.В., Капранов Е.Г. Введение в ГИС. 2-е изд. М.: ООО «Библион», 1997. 160 с.
5. Brail R.K., Klosterman R.E. Planning Support Systems: Integrating Geographic Systems, Models, and Visualization Tools. N.Y.: ESRI Press, 2001. 468 p.
6. Водоснабжение и водоотведение, пакет комплексов программно-технических средств АСУ, АСДУ, АСУ ТП, техническое описание. М.: ИВЦ «Поток», ИВК «Модель», 1997. 20 с.
7. Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д., Дубровский В.В. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях. М.: Стройиздат, 1990. 368 с.
8. Гриценко Ю.Б. Моделирование водопроводных сетей с использованием средств геоинформационных технологий: Дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2000. 141 с.
9. Слюсаренко С.Г., Рожков В.П., Субботин С.А. и др. Современные информационные технологии в эксплуатации инженерных сетей // Труды Междунар. науч.-практич. конф. «Геоинформатика-2000» 15–18 сентября 2000 г. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 219–224.
10. Omura G. Mastering AutoCAD 2002. Sybex Inc., 2001. 1352 p.
11. Vance D., Eisenberg R. Inside AutoCAD Map 2000. OnWord Press, 2000. 624 p.
12. Жуковский О.И., Гриценко Ю.Б. Разработка моделирующих компонент к кадастрам инженерных сетей // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС – 4 – 98): Тез. докл. 4-й Междунар. науч.-практич. конф., Барнаул, 21–23 сентября 1998 г. Томск: ТУСУР, 1998. С. 28–29.
13. Комплексная автоматизированная система управления «Воронежупрдор» на базе локальной вычислительной сети. Воронеж: ОАО «ТЕРРА», 33 с.
14. Поспелов П.И., Котов А.А. Создание информационной системы управления автомобильными дорогами на основе внедрения ГИС-проектов «Инвентаризация» и «Паспортизация» // Геоинформатика-2000: Труды. Междунар. науч.-практич. конф. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 256–260.
15. Волошина В.Н. Информационные ресурсы в управлении дорожной отраслью Приморского края // Геоинформатика-2000: Труды. Междунар. науч.-практич. конф. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 260–265.
16. Беспалов В., Клишин В., Краюшкин В. Развитие систем PDM: вчера, сегодня, завтра // САПР и графика. 2001. № 11: Управление и производство. С. 12–14.
17. Бойков В.Н., Крысин С.П., Сарычев Д.С. и др. Информационная система автомобильных дорог. Томск: Индор, шифр 01н/02, 2003. 63 с.
18. ARC/INFO User's Guide: ARC/INFO Data Model, Concepts, & Key Terms. N.Y.: ESRI Press, 1992. 298 p.
19. MapInfo User's Guide. MapInfo Corp., 1995. 252 p.
20. GRASS 4.1 Reference Manual. Champaign, Illinois: U.S. Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratories, 1993. 425 p.
21. Пивиков С.В. ГИС – вместе из тупика // Информационный бюллетень ГИС-ассоциации. 2000. №4 (26). С. 54–55.
22. Godin L. GIS in Telecommunications. N.Y.: ESRI Press, 2001. 120 p.
23. Maidment D.R., Djokic D. Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems. N.Y.: ESRI Press, 2000. 232 p.
24. Utility GIS – More than Just AM/FM. N.Y.: ESRI Press, 2003. 13 p.
25. ArcGIS Schematics. N.Y.: ESRI Press, 2002. 12 p.
26. Скворцов А.В. Инструментальная геоинформационная система ГрафИн: новая версия // Геоинформатика-2000: Труды Междунар. науч.-практич. конф. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 90–96.
27. Harder C. Enterprise GIS for Energy Companies. N.Y.: ESRI Press, 1999. 120 p.
28. Shredding the Map: Building an Enterprise Geographic Information System for Utilities. N.Y.: ESRI Press, 2003. 10 p.
29. Благодаров А. Обзор САМ-систем. // Компьютер Пресс. М., 1997. №3. С. 22–23.
30. GIS for Small Utilities. N.Y.: ESRI Press, 2003. 16 p.
31. <http://gepower.com/networksolutions> – официальный сайт компании GePower Inc.
32. <http://manifold.net> – официальный сайт компании CDA Inc.
33. <http://www.caris.com> – официальный сайт компании Caris Inc.
34. Lang L. Transportation GIS. N.Y.: ESRI Press, 1999. 132 p.
35. Горбачев В.Г. ЦСИ Интерпо // Информационный бюллетень ГИС-ассоциации. 2000. №4 (26). С. 51.
36. GeoDraw для Windows. Руководство пользователя. М.: ЦГИ ИГ РАН, 1997. 135 с.
37. GeoGraph для Windows. Руководство пользователя. М.: ЦГИ ИГ РАН, 1997. 153 с.

Статья представлена кафедрой теоретических основ информатики факультета информатики Томского государственного университета, поступила в научную редакцию 15 мая 2003 г.