

## ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКСНОЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ СЕТЯМИ НА ПРИМЕРЕ СПРВ

Волков Д.А., Донец Л.Ю., Мирошниченко А.С.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами.** На современном уровне развития производства, когда все большую опасность представляет выход из строя крупных промышленных объектов, который приводит к значительным потерям и разрушениям, на первый план выходят проблемы контроля и управления сложными системами. Наиболее серьезным по последствиям фактором таких аварий зачастую является их неожиданность. Необходимость принятия решений в сжатые сроки, когда трудно одновременно проанализировать все имеющиеся данные, может привести к непродуманным действиям, которые повлекут за собой тяжелые последствия.

Если заблаговременно предусмотреть, проанализировать возможные "узкие" места в функционировании таких объектов, наметить меры оперативного реагирования на возникшую аварийную ситуацию, разработать методы эффективного ее устранения, то ущерб от такой аварии может быть сведен к минимуму.

Системы подачи и распределения воды (СПРВ) являются достаточно ярким примером промышленного объекта, выход из строя которого может негативно отразиться на функционировании целого ряда хозяйственных объектов и жизнедеятельности населения. Разработка методов оперативного реагирования на аварийные ситуации, исследование их особенностей становится особенно актуальным с ростом городов, увеличением размеров сетей, а также в связи с необходимостью повышения экономичности, надежности их функционирования. Одной из актуальных на сегодня является проблема определения наиболее опасных участков сети с точки зрения ущерба, который может быть нанесен аварией на данных участках, с целью разработки мероприятий по профилактике и предотвращению аварийных ситуаций на самых опасных участках водораспределительной сети.

**Анализ достижений и публикаций по теме исследования данной проблемы. Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья.** 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. 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, и базы данных, призванные обслуживать инвентаризационные запросы, работу с потребителями и другие задачи. Однако оторванность таких систем от оперативной инженерной информации делала их ограниченно пригодными [1]. Сегодня наиболее распространенными и применяемыми на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства являются специализированные системы и геоинформационные системы (ГИС).

Для решения задач, связанных с расчетом параметров функционирования, расчета режимов и поведения сети в исключительных случаях были созданы специализированные системы. Они имеют встроенные средства создания принципиальных схем и внутренние базы данных, содержащие только информацию, необходимую для расчетов. Примером

такой системы может служить система принятия решения при авариях на водораспределительной сети, предназначенная для выбора наиболее рационального варианта действий по устранению аварий на водораспределительной сети в зависимости от сложившейся ситуации [2]. Несмотря на большую значимость получаемых результатов, специализированные системы остаются зачастую оторванными от реальной информации о том, что представляет собой сеть, и решают задачи расчета на довольно грубом приближении к ней.

Следующим независимым классом систем, применяемых для инженерных сетей, являются геоинформационные системы. Эти системы отвечают 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.

Все вышесказанное указывает на то, что в отдельности данные классы систем не могут комплексно решить задачу информационной поддержки инженерных сетей. Одним из вариантов решения данной проблемы может быть интеграция ГИС и специализированных систем и, как следствие, создание комплексной специализированной информационной системы управления инженерными сетями.

**Формулирование целей статьи.** Цель статьи состоит в выборе оптимальной архитектуры комплексной специализированной информационной системы управления инженерными сетями (в штатных и аварийных режимах работы) основанной на интерфейсе ГИС и обладающей всеми преимуществами специализированных информационных систем.

**Изложение основного материала с полным обоснованием полученных научных результатов.**

В качестве общей структуры ИС управления инженерными сетями предлагается структура, состоящая из трех разделов, каждый из которых представляет собой электронную векторную карту и служит для решения различных задач.

Первый раздел – *трассы трубопроводов на плане местности* – содержит несколько групп слоев данных:

1) *Топографический план местности.* Данная группа слоев содержит полигональные слои рельефа местности, объектов гидрографии, кварталов, зданий, улиц и линейные слои осей улиц, транспортных сетей и других коммунальных сетей (электроснабжение, теплоснабжение, газоснабжение и т.п.).

2) *Объекты – источники предоставляемых услуг* (водозаборы, насосные станции и др.). Данная группа слоев содержит полигональные слои данных объектов и слои, содержащие привязки данных объектов к объектам местности.

3) *Объекты, образующие трубопроводную сеть*, образованные участками трубопровода, колодцами и запорной арматурой. Данная группа слоев представлена линейными слоями водоводов, точечными слоями колодцев и запорной арматуры и слоями, содержащими привязки объектов к объектам местности.

4) *Объекты, обеспечивающие подключение потребителей к трубопроводной сети.* К ним относятся вводы в здания и узлы управления вводами водопроводной сети. Эта группа слоев также представлена контурами объектов и необходимыми привязками.

На данную электронную карту объекты трубопроводной сети наносятся с максимальной точностью, допускаемой масштабом, чтобы избежать ошибок при привязке объектов сети к объектам местности.

Второй раздел – *оперативные схемы трубопроводов на плане местности* – содержит аналогичные группы слоев (топографический план местности, объекты – источники предоставляемых услуг, объекты, образующие трубопроводную сеть и объекты подключения потребителей к трубопроводной сети). Данная карта имеет следующий ряд существенных отличий от карты трасс трубопроводов.

1. Объекты трубопроводной сети представляются схематично, что более удобно для диспетчерских служб, например, участки трубопроводов изображаются линиями, параллельными вертикальным и горизонтальным направлениям по отношению к ориентации карты на экране компьютера.

2. Кроме осевых линий участков трубопровода имеются отрезки труб, причем точно в том же количестве и расположенные в той же последовательности, что и реальные отрезки труб на местности.

3. Основным отличием второго раздела от первого является отсутствие слоев привязок объектов сети к местности и наличие слоев принципиальных схем объектов, образующих трубопроводную систему, к которым относятся источники предоставляемых услуг, колодцы, запорная арматура, а также устройства подключения потребителей. Принципиальные схемы объектов формируются в виде масштабируемых условных знаков оборудования, располагаемых так же, как на бумажных чертежах принципиальных схем объектов. В отличие от бумажных носителей, элементы принципиальных схем оборудования могут отображаться не в одном, а в нескольких состояниях, соответствующих текущему состоянию оборудования (например, задвижки могут быть открыты или закрыты и т.п.).

Третий раздел ИС – *оперативная схема без привязки к местности* – предназначен для гидравлического расчета трубопроводной сети, эксплуатируемой предприятием. Он содержит только трубопроводы, контуры объектов сети и принципиальные схемы, расположенные на карте так, чтобы предоставить максимальную обзорность и наглядность всей системы трубопроводных сетей.

ИС управления сетями, кроме электронных карт, имеет реляционную базу данных (БД), хранящуюся на SQL-сервере, в которой содержатся атрибуты большинства объектов, нанесенных на карты ИС, и атрибутивные описания основных элементов технологического процесса предприятия. Структура атрибутивных описаний объектов и оборудования трубопроводной системы является объектно-ориентированной моделью инженерной сети. Каждый объект относится к некоторому классу, который наследуется от некоторого более абстрактного класса объектов. Каждому классу соответствует отдельная таблица в БД, записи в которой характеризуют отдельные объекты данного класса.

ИС управления сетями обладает широкими возможностями получения аналитической информации с помощью запросов. Все информационные запросы в ИС могут быть разделены на два класса.

Первый класс – запросы по определению подсетей, подключенных в данное время к источникам воды, на основе состояний коммутирующих элементов всей сети коммуникаций. Варианты такой постановки задачи – запрос по определению подсетей, отключенных в данное время от источника, или запрос на вычисление некоторого общего параметра такой сети (например, суммарное потребление).

Второй класс – запросы выбора из ИС информации по объектам, имеющим определенную характеристику (например, способ прокладки), или выбор объектов, на которых произошло заданное событие, выполнена указанная работа или обнаружена неисправность указанного вида.

Запросы обоих классов должны предоставлять результат пользователю как выделением объектов на карте, так и формированием форматированного списка объектов с заданным набором атрибутов. Этим обусловлены следующие отличия подсистемы запросов ИС от традиционных способов реализации запросов к БД.

Внутренний механизм выполнения запросов первого класса основан на формировании графовой модели трубопроводной сети и выделении связных областей на ней. Далее на графе сети находится та связанная область, которая удовлетворяет заданным параметрам. Затем от выделенной связной области выполняется переход к исходным элементам графовой модели, которые возвращаются пользователю как результат выполнения за-

проса. Более подробная информация по особенностям применения графовых моделей в ИС инженерных сетей приведена в [3].

Выполнение запросов второго класса активно использует возможности базовой SQL-ориентированной СУБД, в которой хранятся атрибутивные данные. Возможность выполнения запросов на языке SQL позволяет программно сформировать по заданным пользователем критериям предложение на SQL, возвращающее результат в виде набора идентификаторов объектов. Далее по этому набору формируется результирующая выборка объектов и выделяется на карте, либо формируется отчет.

**Таким образом, с помощью специализированной информационной системы управления инженерными сетями могут быть решены следующие задачи:**

1. Формирование кадастра трубопроводов и объектов инженерной сети, эксплуатируемой предприятием. Решение этой важной задачи становится возможным только при переходе от хранения информации на традиционных бумажных носителях в графический формат геоинформационной системы. Кроме того, при наличии согласованных (выполненных в одной системе координат с заданной точностью) кадастров всех городских коммуникаций (сетей электропередачи, тепло-, водо- и газопроводов, сетей водоотведения) упрощается межведомственная работа по согласованию ремонтных работ. Она сводится только к распечатке плана участка и согласованию необходимых отключений.

2. Основное применение данных, нанесенных на кадастровый раздел и оперативную схему плана местности – инвентаризация установленных труб и оборудования. Это позволяет оценить степень износа системы трубопроводов с использованием встроенных в систему запросов и спрогнозировать наиболее вероятные места и время аварий. На основе данного прогноза можно провести упреждающие ремонты, что снизит суммарные расходы предприятия на ликвидацию последствий аварий на трубопроводах.

3. На основе анализа частоты ремонтных работ на различных типах оборудования с помощью встроенных в систему отчетов производится выявление наименее качественных сортов труб и марок оборудования, что является важной информацией для службы снабжения.

4. Наличие оперативных схем с возможностью оперативного изменения состояния коммутирующих элементов (затворов, задвижек и др.) и встроенных в ИС запросов по определению абонентов, подключенных (отключенных) к системе трубопровода в зависимости от ее текущего состояния, позволяет диспетчерской службе оперативно реагировать на возможные аварийные ситуации и принимать правильные решения по управлению трубопроводной сетью.

5. Наличие оперативных схем с привязкой к местности и без нее позволяет программно, с помощью встроенных в ИС средств расчета режимов, выполнять гидравлический и тепловой расчет всей трубопроводной сети или ее отдельных участков, автоматизировать работу службы режимов и принимать обоснованные решения по проектированию или ремонту источников водоснабжения (водозаборов, насосных станций и др.).

**Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейших исследований в данном направлении.**

Проведенный обзор позволяет сделать следующие выводы. В настоящее время существует два подхода к созданию информационных систем управления инженерными сетями – это использование неспециализированных базовых программных комплексов – ГИС и САПР – для построения на их основе систем информационного моделирования инженерных сетей и разработка и последующее применение узкоспециализированных систем для расчета и моделирования параметров функционирования сети.

В то же время современные настольные системы ГИС 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 предназна-

ченной для выполнения таких подзадач, как отображение данных и пространственный анализ.

Дальнейшие исследования в данном направлении заключаются в разработке интерфейса взаимодействия ГИС и специализированных систем, который будет обеспечивать эффективный обмен данными и их анализ, как средствами ГИС, так и средствами специализированной системы.

Possibility and expedience of creation of the complex special-purpose informational system of the engineering networks management based on GIS interface and possessing all advantages of the special-purpose informational systems is examined in the article. In the article the structure of such system is offered and the list of tasks which can be decided is resulted.

1. <http://www.gisa.ru/publicat.html> // Сарычев Д.С. Современные информационные системы для инженерных сетей. – Томск, 2003.
2. Холодная Т.А. Разработка методов анализа аварийных ситуаций в инженерных сетях: Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.03. – Харьков, 1997. – 162 с.
3. Вайсфельд 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.