

**Технико-экономическое обоснование внедрения
географической информационной системы поддержки
мониторинга объектов инфраструктуры предприятия**

Любое крупное промышленное предприятие располагает густой сетью разветвленных, тесно переплетенных коммуникаций разнообразного инженерного и технологического назначения. Можно выделить около двух десятков относительно самостоятельных уровней таких коммуникаций: железнодорожные, автотранспортные, электрические, водоснабжения, канализации, газоснабжения, телефонные, телеавтоматики и т. д. Даже относительно простая задача их оперативного отражения на едином генеральном плане комбината в традиционном варианте – на бумажном носителе – является практически нереальной задачей. Вопросы согласования выполняемых на коммуникациях работ, их оптимизация и безопасность требуют коренного изменения подхода к формам и методам формирования генерального плана.

Такие возможности предоставляют современные геоинформационные системы. В целом, ГИС инженерных коммуникаций промпредприятия позволяют выполнять функции управления сетями инженерных коммуникаций, долгосрочного планирования и прогноза, оценки и выбора коридора для прокладки новых коммуникаций и строительства, моделирования и анализа аварийных ситуаций, ведения документации и архивирования, диспетчерского управления и пр.

Ожидаемые технико-экономические показатели можно рассматривать с точки зрения технического, экономического и социального эффекта от приобретения предприятием коммерческой версии программного обеспечения и его внедрения при формировании электронного генерального плана и его использования в практической деятельности.

Социальная эффективность формулируется, как правило, в качественных показателях, характеризующих повышение оперативности и достоверности информации, сокращение документооборота, улучшение комфортности управленческого труда и т.д.

Экономический эффект может быть достигнут как в сфере производства за счет сокращения затрат материальных и трудовых ресурсов, снижения потерь, увеличения объема продаж и т.д., так и в сфере управления в результате условного высвобождения работников аппарата управления при увеличении количества и сложности решаемых задач.

Технический эффект можно выразить в следующих количественных и качественных характеристиках: скорость обработки сложно-структурированных запросов, максимально допустимый объем хранимых данных, максимально допустимый объем передаваемой информации, наличие широкого спектра функциональных возможностей, требуемые для функционирования системы программно-аппаратные ресурсы и т.д.

При оценке **экономической** эффективности от внедрения информационных технологий выделяют, как правило, экономию, полученную в сфере проектирования, эксплуатации и ремонта инженерной инфраструктуры. Однако геоинформационные технологии как высокоэффективный инструмент управления инженерной инфраструктурой

предприятия непосредственно не влияют на конечные финансово-экономические результаты его функционирования.

Эффективность использования ГИС напрямую зависит от принятой на предприятии технологии эксплуатации инженерных и транспортных коммуникаций предприятия, квалификации инженерно-технических работников подразделений, обслуживающих инженерную инфраструктуру, наличия организационно-экономических механизмов, регламентирующих работу этих служб т. д. В связи с этим, практически невозможно аналитически вычленить долю влияния ГИС-технологий на общую экономическую эффективность от совершенствования управления бизнес-процессами по проектированию эксплуатации и ремонту инженерной инфраструктуры.

Как правило, на практике используются методики, основывающиеся на экспертной оценке влияния ГИС-технологий на эффективность создания и использования электронного генплана предприятия.

При этом в качестве основных источников **социальной** эффективности при практическом использовании ГИС-технологий выделяются:

1) повышение точности и объема отображаемой информации за счет практического отсутствия ограничений на масштаб графической части и возможности многократного увеличения изображения, включая мелкие детали;

2) повышение точности отображения генплана предприятия за счет исключения субъективных ошибок при выполнении чертежных и копировальных операций;

3) ревизия и уточнение существующей исходной неэлектронной версии генплана в процессе создания электронной версии, включая графическую и атрибутивную части;

4) быстрое получение с помощью электронного сетевого оборудования точной информации об объектах генплана для выполнения смежных работ: подготовка ПОР, совещаний, согласований и пр.;

5) легкая интеграция системы электронного генплана в системы автоматизированного проектирования (САПР), одновременное выполнение подготовительных операций, необходимых для автоматизированного проектирования, исключив дополнительные затраты;

6) достоинства по атрибутивной информации, приближающиеся к возможностям электронной записной книжки: быстрота поиска информации о сосредоточенных и распределенных объектах; хранение большого объема информации; простота ее обновления; удобство «привязки» информации к графическим объектам и др.;

7) создание на базе электронного генплана АРМов АСУ ТП прилегающих его к решению задач контроля и управления: службы "09", бюро ремонта и др.;

8) легкая интеграция системы электронного генплана с АСУ ТП, в частности, при оперативном использовании информации о генплане в

различных автоматизированных рабочих местах (АРМ) – планового отдела, отдела снабжения и т. п.;

9) создание единой среды взаимодействия специалистов, своевременный доступ всех заинтересованных пользователей к важной информации, находящейся в централизованных базах данных с графической и атрибутивной информацией.

Достоинством предлагаемого продукта является возможность объединения информационных технологий и потребностей звеньев всех уровней обслуживания и эксплуатации инженерной инфраструктуры с целью получения полной и единой информационной основы управления инженерными сетями предприятия. Это позволит значительно сократить затраты на ликвидацию аварийных ситуаций и упорядочить графики проведения плановых профилактических работ на объектах инженерных сетей.

Предлагаемое программное обеспечение представленной геоинформационной технологии обеспечит повышение эффективности управления инженерной инфраструктурой крупных промышленных предприятий и территориальных образований, в том числе:

- 1) сокращение времени на оперативную корректировку генплана на 15%;
- 2) сокращение сроков согласования плана ремонтных работ на 10%.

Основной **экономический** эффект достигается за счет повышения эффективности и качества управления всей инженерной инфраструктурой предприятия или муниципального образования, а также за счет предупреждения (исключения) всевозможных аварийных ситуаций (катастроф), связанных с несогласованными действиями инженерных служб при проведении на его территории ремонтных и других видов работ.

Преимущества использования представленной геоинформационной технологии заключаются в следующих характеристиках:

- предоставление оперативного доступа к электронным данным планов по инженерным сетям в среде корпоративной сети предприятия;
- использование различных форм доступа к коммерческим и служебным данным;
- простота в использовании: от пользователей инженерно-технических подразделений не требуется специальных навыков, достаточно навыков работы с компьютером и в сети Интернет – соответственно не требуются дополнительные затраты на обучение персонала;
- снижение затрат за счет использования распределенной ГИС и применения архитектуры «тонкий клиент».

Таким образом, основными источниками экономической эффективности при практическом использовании ГИС-технологий являются:

- 1) сведение к минимуму затрат на производство ремонтно-

восстановительных работ в связи с «несанкционированным» вскрытием грунта и, как следствие, повреждения смежных коммуникаций;

2) сокращение потерь в трубопроводных сетях за счет оптимального переключения движения потоков при возникновении аварийных ситуаций;

3) повышение качества, снижение трудозатрат, распараллеливание работ и сокращение времени на оперативную корректировку генплана, за счет чего становится возможным своевременная и повсеместная его корректировка и повышается соответствие генплана реальному объекту;

4) многократное распараллеливание одновременной работы с готовым и точным генпланом, всякий раз гарантирующее высокое качество информации, позволяющее ускорить выполнение проектно-конструкторских и ремонтно-строительных работ;

5) повышение обоснованности принятия решения на основе информации о генплане за счет повсеместного взаимного учета информации о многих слоях (уровнях) генплана;

6) облегчение подготовки и сравнительного анализа большого количества вариантов проектно- конструкторских разработок;

7) сокращение сроков производства ремонтных работ и их удешевление;

8) улучшение качества ремонтных работ и, как следствие, увеличение межремонтных периодов;

9) оптимизация затрат, связанных с подготовкой производства ремонтно-строительных работ;

10) снижение штрафов, связанных с нарушением экологических норм.

С учетом вышеизложенного, в качестве обобщенных показателей оценки экономического эффекта от внедрения и эксплуатации электронного генерального плана предприятия, предлагается использовать величины снижения затрат по каждому элементу инженерной инфраструктуры при проектировании, строительстве и реконструкции, эксплуатации и ремонте, ликвидации аварийных ситуаций.

Конкретные проценты снижения затрат следует определять экспертным путем с учетом размера предприятия и приведенной ниже зарубежной и отечественной статистики оценки факторов экономической эффективности от внедрения информационных технологий (таблица 3.1 и таблица 3.2).

Таблица 3.1 – Среднестатистические мировые показатели эффекта от внедрения информационных технологий

Показатель	Значение показателя, %
Снижение количества задержек при поставках продукции заказчикам	90–97
Уменьшение сверхнормативных остатков на складах	30–45

материалов	
Повышение оборачиваемости запасов	20–30
Сокращение непроизводственных запасов	17–25
Повышение оборачиваемости средств в области реализации готовой продукции	12–21
Повышение производительности работников и оборудования	10–17
Снижение затрат на закупку материалов и комплектующих	4–6

Таблица 3.2 – Показатели экономического эффекта от внедрения информационных технологий

Показатель	Значение показателя, %
Увеличение объема выпуска	34
Снижение себестоимости	60
Снижение внутрисменных потерь рабочего времени	40–45
Сокращение расходов на сырье и материалы	1–3
Сокращение потерь от брака	6–16
Снижение непроизводственных расходов	10–15
Снижение затрат на 1 денежную единицу продукции	0,3
Рост производительности труда	2,8

Естественно, при использовании этой статистики, с учетом специфических условий конкретного предприятия, экспертами могут быть внесены определенные корректировки.

Технологии нечеткого анализа пространственно-распределенных данных позволяют более эффективно выявить возможность возникновения чрезвычайных ситуаций в среде инженерной инфраструктуры предприятия. Серийные промышленные ГИС от таких мировых лидеров как ESRI, MapInfo, Autodesk заявленной возможностью на данный момент не обладают.

Диагностика инженерных коммуникаций (ИК) является важной составляющей надежной работы инженерной инфраструктуры. Существующие методы диагностики базируются в основном на визуальном обследовании коммуникаций и рассчитаны на проведение больших организационных мероприятий, требуют постоянного привлечения значительных трудовых и финансовых ресурсов.

Попытки внедрения других методов диагностики требуют больших расходов на обучение, внедрение и содержание спецтехники, что, как правило, превосходит получаемый от внедрения эффект и, в связи с этим, не находит должного продолжения.

В настоящее время из-за проблем, связанных со сложностью доступа к элементам инженерной инфраструктуры во время производственного процесса, зачастую происходящего в непрерывном (безостановочном)

режиме, диагностика ИК на основе методов визуального контроля проводится нерегулярно, практически один раз в год, во время остановочных ремонтов, что не позволяет качественно определять состояние инженерных коммуникаций и принимать обоснованное решение в аварийных и штатных ситуациях.

Создание и ведение электронного генерального плана предполагает установление координат расположения инженерных сетей и точное описание их характеристик. Предполагается, что используя ЭГП в любой момент времени можно определить, например, глубину заложения, диаметр, материал, срок службы, координаты любой инженерной сети предприятия. Разработка такой базы данных уже невозможна без применения современных компьютерных технологий.

Современные инженерные коммуникации характеризуются также наличием информации, которую невозможно получить непосредственно от первоисточников — подземных объектов в реальный отрезок времени из-за необходимости проведения дорогостоящих вскрышных работ. Тем не менее, при решении задач обеспечения эффективной эксплуатации и функционирования ИК требуется учет и такой информации, которой присуща некоторая неопределенность в отношении элементов и узлов ИК.

Учет априорной информации о характеристиках ИК и условиях их эксплуатации позволит принимать более точные решения по оценке состояния ИК. Однако, в реальных обстоятельствах информация об условиях эксплуатации ИК обычно является неполной или отсутствует вообще.

В результате широкого распространения программных средств принятия решений особую важность представляет разработка методов автоматизированной диагностики (идентификации) неисправностей и общего состояния ИК в целом, что позволит использовать результаты такой диагностики в автоматизированных системах поддержки принятия решений.

Перспективный программный компонент «Интеллектуальный анализ данных» дает возможность решать описанные выше проблемы. Одними из основных возможностей системы являются аппроксимация и классификация данных об объектах электронного генерального плана инженерной инфраструктуры предприятия на основе технологии нечеткого моделирования.

Как уже было сказано, учет априорной информации о состоянии ИК и условиях эксплуатации позволит существенно повысить точность и оперативность принимаемых решений, особенно в аварийных ситуациях. Однако в реальных условиях информация о состоянии участков инженерных сетей, об условиях эксплуатации обычно является неполной или отсутствует вообще. В связи с этим решение задачи диагностики неисправностей ИК на основе традиционного подхода оказывается затруднительным и возникает необходимость разработки новых подходов — алгоритмов и систем принятия решений в условиях неполной информации. Неполнота информации может заключаться:

- в принципиальной невозможности полного сбора и учета информации о состоянии ИК;
- в некоторой недостоверности и недостаточности исходной информации о состоянии ИК в условиях эксплуатации;
- в возможности проявления в процессе эксплуатации таких свойств ИК, существование которых не предполагалось при проектировании.

Отказ от традиционных требований точности измерений (которая была необходима при математическом анализе четко определенных систем и процессов) и применение аппарата нечеткого моделирования совместно с традиционными методами позволяет разрешить возникающие проблемы. Использование технологии нечеткого моделирования и, в частности, понятия «лингвистическая переменная» позволяет адекватно отразить приблизительное словесное описание некоторых характеристик (параметров) и состояния ИК в тех случаях, когда точное описание либо отсутствует, либо является слишком сложным, либо требует больших временных и финансовых затрат.

Например, такие характеристики (параметры) как «качество монтажных работ», «качество ремонтных работ», «состояние линии», «качество земли и грунтовых вод», «состояние муфты», определяющие состояние и условия функционирования ИК, могут быть описаны с помощью лингвистических переменных.

Одни характеристики (параметры) ИК, например, «качество ремонтных работ», «качество монтажных работ», «качество земли и грунтовых вод», могут быть измерены лишь приблизительно.

Другие характеристики (параметры), хотя и могут быть измерены точно, но только для какого-то конкретного времени. Например, такой параметр как «потребители» (временно отключаемые от подачи энергоресурсов при аварии) можно измерить (с некоторой точностью) только при непосредственной их переписи или на основе данных диспетчерской службы. Тем не менее, и это измеренное значение будет лишь приближенным вследствие различных объективных причин.

Желание использовать в задаче диагностики ИК субъективный «человеческий» фактор также требует применения новых методов исследования, поскольку формализация опыта эксперта традиционными классическими методами в данном случае затруднена.

Таким образом, неполнота информации о состоянии ИК либо ее отсутствие и наличие субъективного человеческого фактора в задаче диагностики ИК приводят к методам принятия решений на основе технологии нечеткого моделирования, к нечетким алгоритмам идентификации неисправностей, системам нечеткого вывода.

Одно из основных **технических** преимуществ (тесно связанное с экономической эффективностью) представленной геоинформационной технологии заключается в ведении электронного генплана с помощью Web-приложения (достаточно иметь любой компьютер, имеющий выход в сеть

Internet/Intranet), что исключает необходимость установки на рабочих станциях сети предприятия дорогостоящих и громоздких программных компонент – клиентских приложений, работающих с файлом электронной карты в среде таких ГИС, как Autodesk Map и MapInfo.

Сервис-ориентированная архитектура предлагаемой геоинформационной платформы позволяет постоянно наращивать функционал созданной на ее основе web-ориентированной ГИС, включать новые методы и средства анализа, направленные на повышение эффективности эксплуатации инженерной инфраструктуры.

Использование СУБД Oracle, в которой будет функционировать хранилище пространственно-временных данных, обеспечивает технологию нового поколения для хранения в базе данных больших объектов таких как графические изображения и большие текстовые объекты, а также XML-данные, картографические снимки и трехмерные объекты. Oracle Fast Files позволяет приложениями для баз данных использовать весь спектр функциональных возможностей файловых систем. Использование Oracle Spatial позволяет обеспечить оптимальное хранение пространственных баз данных, благодаря чему суммарный объем данных, представленных в хранилище пространственно-временных данных, зависит от только емкости носителя.

Согласно официальной информации компании Oracle скорость обработки SQL-запросов на тестах, проведенных в 2009 году, составила 208457,7 запросов в час для базы данных размером 10 Тбайт, что является наивысшей скоростью по сравнению со скоростью обработки запросов в других промышленных СУБД. Данная скорость выполнения запросов обеспечит достижение заявленных в техническом задании значений максимального времени выполнения запросов к электронному генеральному плану даже при учете того, что, к примеру, пространственная структура сети водоснабжения химического комбината только для сети технического водопровода содержит более 8 тысяч участков трубопровода. А таких сетей на комбинате более двух десятков.

Кроме того, использование СУБД Oracle для построения корпоративных систем является базовым решением таких флагманов производства как ОАО «Сибур» и ОАО «Евразхолдинг», предприятия которых являются реальными потребителями предлагаемых нами технологий.

Приведенные технико-экономические показатели и характеристики позволяют сделать вывод об обоснованности применения предложенных технических решений для формирования и ведения электронного генерального плана крупного промышленного предприятия.