

УДК 004.031

Ю.П. Ехлаков, Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский

## Автоматизация технологий формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры

Рассмотрены ряд общих особенностей инженерных систем, технология использования генеральных планов на крупных промышленных предприятиях, эксплуатирующих инженерные сети, приводятся этапы создания и ведения электронного генерального плана, предлагается архитектура информационной системы управления электронным генеральным планом, в рамках которой представлены информационные подсистемы для управления инженерной инфраструктурой крупных промышленных предприятий, приведен их функциональный состав.

**Ключевые слова:** электронный генеральный план, инженерная инфраструктура, геоинформационные системы, хранилище данных, интеллектуальный анализ, электронный документооборот.

Эффективность автоматизации большинства технологических процессов производства во многом зависит от устойчивости функционирования его инженерной инфраструктуры. Организации, занятые в процессе эксплуатации инженерной инфраструктуры, зачастую сталкиваются с рядом довольно сложных проблем, связанных с недостоверностью и задержкой получения информации об объектах подотчетных им инженерных сетей.

Несмотря на значительные различия в типе транспортируемого продукта и технологиях, используемых эксплуатационными организациями, современные инженерные сети характеризуются рядом общих специфических особенностей [1]:

- обширным территориальным распределением и огромным числом элементов, формирующих систему;
- непрерывным развитием в пространстве и во времени;
- сложной иерархической структурой управляемой и управляющих систем и непосредственным наличием субъекта в контуре управления;
- непрерывностью во времени процессов транспортировки и распределения целевого продукта;
- высокой степенью централизации управления с одновременной децентрализацией оперативного управления технологическими процессами транспортировки и распределения целевого продукта;
- инерционностью процессов транспортировки продукта и необходимостью создания его оперативных запасов в резервуарах и хранилищах.

Процесс эффективного управления инженерными сетями тесно связан с понятием электронного генерального плана. Генеральный план промышленного предприятия – одна из важнейших частей проекта промышленного предприятия, содержащая комплексное решение вопросов планировки и благоустройства территории, размещения зданий, сооружений, транспортных коммуникаций, инженерных сетей, организации систем хозяйственного и бытового обслуживания, а также расположения предприятия в промышленном районе (узле).

**Постановка задачи.** Основой технических решений по генеральному плану промышленного предприятия является технология основного и вспомогательного производства, состав основных и вспомогательных цехов, а также их взаимная связь в процессе производства. Технологическая связь цехов осуществляется с помощью транспортных коммуникаций и оказывает влияние на решение по взаимному размещению цехов.

На решения, принимаемые на основе генерального плана, влияет ряд факторов: размещение предприятия в составе промышленного узла; близость и взаимное расположение его по отношению к селитебному району; необходимость создания архитектурно-выразительного облика предприятия; вертикальная планировка с учетом рельефа местности; ориентация площадки относительно сторон света; преобладающее направление ветра и ряд других факторов.

Под понятием «генеральный план промышленного предприятия» будем понимать комплексное технологическое, транспортное и архитектурно-строительное решение промышленного предпри-

ятия. В составе проекта генеральный план разрабатывается как чертеж (или комплект чертежей), на котором в определенном масштабе показано взаимное расположение всех зданий и сооружений, транспортных и энергетических коммуникаций в увязке с рельефом местности и планировочными решениями на площадке с учетом требований технологии и транспорта.

Генеральный план должен также предусматривать возможность дальнейшего развития предприятия и обеспечивать такую производственную структуру, при которой могут быть достигнуты наивысшие результаты производства при наименьших затратах; создавать условия для максимального удовлетворения интересов всех работников предприятия.

По назначению и содержанию различают проектный, строительный и исполнительный генпланы:

– генплан (проектный) разрабатывается на всех стадиях проектирования, но с различной степенью детализации. Он необходим для строительства предприятия, как основной документ, определяющий, где и какие здания и сооружения необходимо строить;

– строительный генплан разрабатывается на основе проектного генплана и служит для решения вопросов размещения временных сооружений, необходимых для нужд строительства предприятия, например: складов стройматериалов, площадок для монтажа технологического оборудования, строящихся цехов и др.;

– исполнительный генплан ведется на предприятиях. На нем фиксируется фактическое положение всех построенных на предприятиях зданий и сооружений и отмечаются возможные отступления (как правило, незначительные) от проектного генерального плана, связанные с технологией строительства, неточностью ведения строительных работ и непредвиденными обстоятельствами. Исполнительный генеральный план по своему содержанию является постоянно действующим топографическим планом предприятия, который непрерывно дополняется по мере его строительства.

По охвату территории различают общеплощадочный и объектный генеральный план:

– общеплощадочный генплан разрабатывается на всю территорию промышленной площадки предприятия. Как правило, это делается либо при строительстве, либо при полной реконструкции предприятия;

– объектный генплан составляется на участок территории, новые здания и промышленные сооружения.

На практике используются также комбинированные варианты типов генеральных планов, например: «проектный общеплощадочный генеральный план» или «исполнительный объектный генеральный план» и т.п.

Существует также понятие дежурного генерального плана (ДГП), под ним понимают актуальный, постоянно обновляемый и действующий на предприятии документ. ДГП по своему содержанию является топографическим планом предприятия, создаваемым на основе исполнительного общеплощадочного генерального плана, на который наносятся проектные и временные (строительные) объекты и коммуникации с чертежей проектных и строительных генеральных планов (как общеплощадочных, так и объектных).

Жизненный цикл объекта автоматизации – генерального плана промышленного предприятия – состоит из следующих основных этапов: создание (проектирование), функционирование (ведение, сопровождение и использование), развитие (изменение).

Между этапами жизненного цикла генерального плана предприятия и самого предприятия прослеживается тесная взаимная связь. На первом этапе проектирования предприятия создается генеральный план предприятия, на следующем этапе функционирования предприятия генеральный план используется для принятия решений на основе его данных, а на этапе развития (реконструкции) предприятия в генеральный план вносятся изменения.

Этап функционирования генерального плана по времени – это самый объемный этап. Основные задачи, которые должны решаться на этом этапе, можно объективно поделить на две группы: задачи сопровождения (ведения), задачи использования.

Сопровождением генерального плана предприятия, как правило, занимается конструкторское бюро генерального плана. На крупных промышленных предприятиях оно входит в состав общезаводского проектно-конструкторского отдела.

Основными функциями конструкторского бюро на этапе функционирования жизненного цикла генерального плана предприятия являются: внесение изменений в дежурный генплан, согласование новых проектов, формирование выкопировок из дежурного генплана по заказу.

Как правило, созданием генерального плана предприятия занимается сторонняя проектная организация (проектировщик). Результатом деятельности проектировщика является проект предприятия, неотъемлемой частью которого являются проектный и строительный общеплощадочные генеральные планы. После окончания строительства предприятия геодезистами (топографами) выполняется исполнительная съемка территории предприятия, в результате чего появляется исполнительный общеплощадочный генеральный план. Далее вся накопленная документация, в том числе генеральный план, передается в конструкторское бюро генерального плана для создания ДГП.

На этапе функционирования генерального плана при реконструкции предприятия выполняются работы по созданию проектных и строительных объектных генеральных планов, обычно эту работу выполняют проектные бюро предприятия. После выполнения проекта разработанные генеральные планы передаются в конструкторское бюро генерального плана предприятия, где наносятся на дежурный генеральный план.

Далее начинается реализация проекта, после окончания строительных работ по заказу подразделения топографами создается исполнительный объектный генеральный план, объекты которого наносятся на генеральный план.

Перед проектированием инженерная служба или проектное бюро предприятия заказывает у конструкторского бюро выкопировку требуемой территории из ДГП. Согласование с генпланом необходимо при выполнении любого проекта на территории предприятия.

Таким образом, генеральный план состоит из дежурного генплана, находящегося в ведении конструкторского бюро генплана, и архива генплана, хранящегося в проектно-конструкторском отделе.

Состояние дежурного генерального плана на большинстве отечественных предприятий является критическим. В лучшем случае на предприятии имеется исполнительный общеплощадочный генеральный план и ДГП, который по ряду объективных причин не содержит достоверной информации. Основной и самой важной причиной является нехватка квалифицированной рабочей силы.

Для решения всех существующих проблем, связанных с процессом ведения и использования генерального плана, требуется внедрение в этот процесс информационных технологий. Создание электронной версии генерального плана позволит сократить время формирования топосъемок, согласования проектов, поиска необходимой информации на генплане и др.

**Основной результат.** Электронный генеральный план (ЭГП) по структуре данных состоит из двух основных составляющих: графические (пространственные) данные, атрибутивные (семантические, описательные) данные. При этом каждый графический объект генплана может иметь атрибутивное описание.

Источником для формирования набора пространственных данных ЭГП является ДГП и архив генплана. Набор атрибутивных данных формируется на базе описательных данных, которыми располагают инженерные службы предприятия. Графические данные в обязательном порядке связаны с атрибутивной информацией.

Переводом генерального плана в электронный вид должны заниматься проектно-конструкторские отделы предприятия, службы главного архитектора и вновь создаваемые службы генерального плана с применением ПС, позволяющих формировать слои ЭГП в форматах файлов shp, dxf, dwg, mif, которые поддерживаются популярными инструментальными ГИС, такими как Autodesk Map, Arcinfo, MapInfo, Геокад.

Технология создания и внедрения ЭГП должна содержать следующие основные этапы:

- перевод имеющихся «твердых копий» (планшетов ДГП, документов архива генплана) в электронную форму;
- создание классификатора слоев графической части ЭГП и векторизация генплана;
- проектирование единого, централизованного хранилища данных ЭГП;
- выбор ГИС-решения, которое будет являться основой системы (ГИС-платформой);
- разграничение прав доступа к данным ЭГП на основе утверждаемого регламента;
- организация удобного доступа к ЭГП проектировщиков, диспетчеров, администрации предприятия, а также всех заинтересованных специалистов.

В начале процесса создания ЭГП вся имеющаяся информация должна быть переведена в удобную для работы форму, сканируются все документы генплана и в структурированном виде размещаются на файловом сервере с определенными правами доступа к ним.

Следующим этапом на основе нормативных актов (ГОСТ, СНиП, СН и т.п.) и принятых на предприятии положений создается классификатор слоев ЭГП. Для удобства использования и анализа слои группируются в группы по назначению (виду инженерной сети). Из всего объема графических данных, полученных на первом этапе, отбираются актуальные данные, на основе которых создается пространственная база данных (ПБД) электронного генплана.

Затем необходимо на базе корпоративной вычислительной сети предприятия создать централизованное хранилище данных (Data Warehouse), в котором будет аккумулироваться вся пространственная и атрибутивная информация.

Для обеспечения автоматизации процессов работы с электронным генеральным планом инженерной инфраструктуры предприятия необходимо внедрить ряд программных подсистем, обеспечивающих необходимый функционал (рис. 1).

Программные подсистемы непосредственно взаимодействуют с хранилищем данных – базой данных электронного генплана (БД ЭГП) [2]. Эти данные включают пространственную (графическое представление объекта на карте) и атрибутивную (описательную) информацию об объектах инженерной инфраструктуры, зданиях и сооружениях предприятия. Пространственная информация представляется в хранилище как пространственная схема данных, организованная в реляционной СУБД, а также файлы, содержащие пространственную информацию (растровые, векторные). Помимо этих двух схем данных, в хранилище содержатся метаданные, дополняющие структуру основных данных. Система хранения данных имеет следующие возможности:

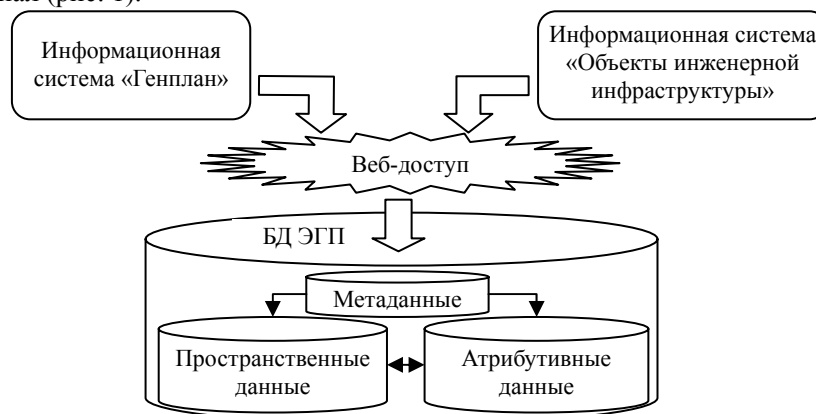


Рис. 1. Архитектура информационной системы управления электронным генеральным планом

– хранение пространственной информации в пространственной схеме СУБД;

- журналирование действий пользователя по работе с объектами;
- ведение архива пространственных данных;
- резервное копирование данных;
- многопользовательский доступ к данным;
- гибкая модель данных, позволяющая детально описать каждый объект инженерной инфраструктуры;

– безопасность данных, хранимых в едином хранилище, с определенным регламентом доступа.

Информационная система «Генплан» предполагает ведение пространственной информации БД ЭГП. С этой системой работают сотрудники ПКО предприятия. Система содержит инструменты, предоставляющие следующие возможности:

- работа с пространственной схемой данных: создание, изменение и удаление объектов. Создаваемые в этой системе объекты – это графические объекты с некоторым минимумом описательной информации, которая включает: наименование объекта, источник данных, на основе которого введен объект (топосъемка);
- импорт данных и работа с локальным вариантом части ЭГП, экспорт данных из локального варианта в единое хранилище ЭГП;
- поиск объектов по их описательной информации;
- работа с описательной информацией объектов (копирование, редактирование, прикрепление, открепление);
- введение в хранилище данных информации с оцифрованных носителей;
- классификация объектов инженерной инфраструктуры по слоям;
- автоматический контроль типов вводимых объектов в слоях в соответствии с принятым классификатором (тип графического примитива);

- получение метаданных: данных об ограничениях, стилях и цветах слоев ЭГП;
- сбор и обработка статистики об объектах ЭГП;
- оперативное взаимодействие бюро генплана с инженерными службами предприятия (обмен пространственной информацией).

Информационная система «Объекты инженерной инфраструктуры» предполагает ведение атрибутивной информации БД ЭГП. Ее использование ведут сотрудники инженерных служб предприятия. В рамках этой системы авторы приняли участие в реализации ряда подсистем:

- подсистема Web-ГИС-сервер, предназначенная для обеспечения Web-доступа к средствам хранения и анализа данных электронного генерального плана;
- подсистема Web-ГИС-клиент, предназначенная для обеспечения графического интерфейса конечного пользователя электронного генерального плана (ЭГП) в среде Интернет/Интранет;
- подсистема информационной безопасности, предназначенная для обеспечения информационной защищенности пространственных и атрибутивных данных ЭГП на основе авторизованного доступа к пространственным данным и функциональной составляющей программного комплекса;
- подсистема интеллектуального анализа данных, предназначенная для обеспечения извлечения новых знаний из информации хранилища пространственно-временных данных и прогнозирования динамики процессов жизненного цикла инженерной инфраструктуры предприятия;
- подсистема организации документооборота электронного генерального плана, предназначенная для обеспечения организационно-распорядительного механизма развития электронного генерального плана на всех этапах его жизненного цикла.

*Подсистема веб-ГИС-сервер.* Подсистема веб-ГИС-сервер обеспечивает функциональные возможности, реализуемые компонентами, входящими в его состав:

- а) формирование данных в виде xml-файла, необходимых для публикации средствами Web-ГИС-клиента;
- б) размещение сформированного для публикации файла на Web-сервере;
- в) поддержка многослойного представления электронного генплана. Возможность создания, настройки и удаления как отдельного слоя, так и организации групп слоев по определенной проблемной направленности. Каждая группа слоев и слой должны иметь уникальное наименование. Слои должны объединять в своем составе однотипные геометрические объекты (точки, линии, полигоны);
- г) выполнение пространственно-атрибутивных запросов пользователей, формируемых с помощью Web-ГИС-клиента;
- д) выполнение функций оперативного геоинформационного анализа, в состав которых входят геометрический анализ (измерение расстояний, дистанций, площадей); тематическая классификация; построение буферных зон. Геометрический анализ зависит от типа геометрии объектов (полигон, линия, точка). Для полигональных объектов рассчитываются периметр и площадь, для линейных – длина. Также для всех типов объектов отображаются координаты точек, из которых образованы объекты;
- е) выделение пространственных объектов на основе атрибутивного запроса.

*Подсистема веб-ГИС-клиент.* Подсистема веб-ГИС-клиент обеспечивает функциональные возможности, реализуемые компонентами, входящими в его состав:

- а) доступ к графическим и атрибутивным данным электронного генплана. Выбор объектов карты может осуществляться следующими способами: выбор объектов левой клавишей мыши, выбор объектов полигоном, выбор объектов окружностью;
- б) доступ пользователя к функциям геоинформационной системы, поддерживаемым Web-ГИС-сервером;
- в) формирование запросов на выборку пространственных данных на основе значений атрибутивных их описаний;
- г) интерактивное измерение расстояний, дистанций и площадей на карте;
- д) отображение результатов тематического анализа;
- е) интерактивное редактирование атрибутивного описания объекта электронного генплана;
- ж) динамическое масштабирование графического представления карты.

*Подсистема информационной безопасности [3].* Подсистема информационной безопасности обеспечивает функциональные возможности, реализуемые компонентами, входящими в его состав:

а) ведение регламента доступа к пространственным данным и функциональной составляющей системы Web-ГИС;

б) организация ролевого регламентированного доступа к данным генерального плана согласно указанным администратором объектам, группам объектов, функциям и территориям;

в) аудит действий пользователей в среде ЭПП. Основными контролируруемыми действиями должны являться создание пространственных объектов, просмотр сведений об объектах, редактирование пространственно-атрибутивных данных, удаление данных;

г) назначение пользователям и их группам права на элементы пользовательского интерфейса веб-ГИС-клиента: ГИС-слои, информационные отчеты, ГИС-функции;

д) формирование отчетов о доступе пользователей к объектам хранилища пространственных данных и действиям над этими объектами за указанный период времени.

*Подсистема интеллектуального анализа данных.* Подсистема интеллектуального анализа данных обеспечивает функциональные возможности, реализуемые компонентами, входящими в его состав:

а) классификация объектов электронного генерального плана инженерной инфраструктуры предприятия на основе технологии нечеткого моделирования;

б) аппроксимация пространственно-временных данных, описывающих состояние элементов инженерной инфраструктуры, на основе нечеткого моделирования.

*Подсистема организации документооборота электронного генерального плана.* Подсистема организации документооборота электронного генерального плана обеспечивает функциональные возможности, реализуемые компонентами, входящими в его состав:

а) ведение первичной регистрации всех типов документов, находящихся в общем потоке документооборота ЭПП;

б) организация автоматизированного контроля исполнения документов: постановка документов на контроль; формирование напоминаний и писем-предупреждений о необходимости исполнения в срок соответствующих документов; продление срока исполнения и снятие документа с контроля;

в) ведение технологии электронного взаимодействия между подразделениями организации (пользователями ЭПП) посредством работы с документами в электронном виде (просмотр документов, просмотр резолюций руководителя, добавление резолюции и т.д.).

**Заключение.** Уточненные методы решения задачи создания и ведения электронного генплана, структуры входных и выходных его данных, общее описание алгоритма поддержки его жизненного цикла разработаны при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия 2.4 федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы», государственного контракта № 07.524.11.4013.

#### *Литература*

1. Гриценко Ю.Б. Геоинформационные технологии мониторинга инженерных сетей / Ю.Б. Гриценко, Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский. – Томск: ТУСУР, 2010. – 148 с.

2. Жуковский О.И. Архитектура корпоративной WEB-ориентированной ГИС / О.И. Жуковский, Н.Б. Рыбалов // Доклады ТУСУРа. – 2008. – № 2 (18), ч. 2. – С. 46–57.

3. Ехлаков Ю.П. Методы анализа защищенности образовательных ресурсов / Ю.П. Ехлаков, Р.В. Мещеряков // Доклады ТУСУРа. – 2007. – № 2 (16). – С. 18–24.

---

#### **Ехлаков Юрий Поликарпович**

Д-р техн. наук, профессор, проректор ИиУ ТУСУРа

Тел.: (382-2) 53-24-20

Эл. почта: ure@muma.tusur.ru

**Гриценко Юрий Борисович**

Канд. техн. наук, доцент кафедры АОИ ТУСУРа

Тел.: (382-2) 90-01-80

Эл. почта: ubg@muma.tusur.ru

**Жуковский Олег Игоревич**

Канд. техн. наук, доцент кафедры АОИ ТУСУРа

Тел.: (382-2) 90-01-80

Эл. почта: ol@muma.tusur.ru

Ehlaikov Yu.P., Gritsehko Yu.B., Zhukovskiy O.I.

**Automation technologies for shaping and monitoring of electronic master plan engineering of infrastructure**

The paper considers a number of common features of engineering systems, the technology, the usage of master plans for large industrial enterprises which use engineering networks. There are described the steps for creating and maintaining an electronic master plan, we propose the architecture of an electronic master plan of information system management, which presents information subsystem for managing large engineering infrastructures of industrial enterprises, as well as their functional composition is described.

**Keywords:** electronic master plan, engineering infrastructure, geographic information systems, data mining, electronic document management.

---