

---

---

# **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ**

---

---

## **ТЕХНОЛОГИИ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ – СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**А.К. Черных, доктор технических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.  
П.Н. Клыков.  
Главное управление специальных программ Президента  
Российской Федерации**

Предложен концептуальный подход по повышению эффективности информационной поддержки принятия решений по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на объектах железнодорожного транспорта посредством использования функций сервисов современных геоинформационных систем. Использование возможностей геоинформационных систем позволит существенно сократить продолжительность подготовки данных, необходимых для оценки сроков выполнения неотложных аварийно-восстановительных работ на разрушенных объектах, и, таким образом, повысить оперативность и качество автоматизированных расчетов и информационной поддержки принятия решений.

*Ключевые слова:* решения по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, функции сервисов геоинформационных систем, аварийно-восстановительные работы, транспортные системы

## **TECHNOLOGIES OF MODERN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS – A MEANS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF TRANSPORT IN EMERGENCIES**

**A.K. Chernykh. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.  
P.N. Klykov. Main Department of special programmes under President of Russian Federation**

Proposed conceptual approach to improve the effectiveness of information support of decision making on liquidation of consequences of emergency situations on the railway transport objects through the use of service functionality of modern geographic information systems. The use of opportunities geoinformation systems will significantly reduce the duration of preparation of the data necessary for the evaluation of deadlines urgent emergency-restoration

works on the destroyed objects, and thus, to improve the efficiency and quality of automated settlements and information the decision support.

*Keywords:* decision on liquidation of consequences of emergency situations, functions services geographic information systems, emergency recovery work, transport system

Важным направлением развития системы железнодорожного транспорта Российской Федерации является повышение защищенности объектов железнодорожной транспортной инфраструктуры от воздействия различного рода угроз, в том числе чрезвычайных ситуаций, актов диверсионно-террористической деятельности и ликвидации последствий от результатов их воздействия [1–3].

К числу мероприятий повышения качества и оперативности решения управленческих задач по обеспечению быстрого восстановления объектов железнодорожного транспорта в случае их разрушения относится создание эффективных автоматизированных систем управления (АСУ) органов военного и государственного управления Российской Федерации (Минтранса России, Минобороны России, МЧС России, ОАО «Российские железные дороги»), обеспечивающих информационную поддержку принятия решений должностными лицами [4, 5].

В связи с тем, что указанные АСУ решают задачи управления территориально-распределенными объектами, какими являются объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта, использование возможностей современных геоинформационных систем (ГИС), обладающих набором мощных инструментов, позволяет существенно повысить оперативность и качество автоматизированных расчетов и информационной поддержки принятия решений.

Среди таких инструментов наиболее значимыми являются инструменты анализа близости и анализа наложения ГИС. Для проведения анализа близости объектов относительно друг друга в ГИС применяется процесс, называемый буферизацией. Он помогает ответить на вопросы типа: «сколько искусственных сооружений находится на этом участке железной дороги?»; «какое расстояние от поврежденного объекта до ближайшей восстановительной организации?»; «на сколько увеличится протяженность железнодорожного направления с учетом построения трассы обхода поврежденного участка?» и др.

Процесс наложения включает интеграцию данных, расположенных в разных тематических слоях. В простейшем случае – это операция отображения, но при ряде аналитических операций данные из разных слоев объединяются физически. Наложение, или пространственное объединение, позволяет, например, интегрировать данные о рельефе, характеристиках грунтов с объемами земляных работ по формированию железнодорожного полотна.

Электронная карта – это очень удобный и информативный способ хранения, представления и передачи географической (имеющей пространственную привязку) информации, хранимой и обрабатываемой в АСУ. Современные ГИС предоставляют широкий набор инструментов (сервисов) (таблица), позволяющий осуществлять обмен информацией электронных карт с базами данных расчетных и информационных задач АСУ (табл.).

Проиллюстрируем возможности по использованию сервисов ГИС в целях сокращения времени автоматизированного решения задач в АСУ транспортного обеспечения путем применения ГИС на примере расчета срока восстановления поврежденного (разрушенного) объекта железнодорожной сети, вышедшего из строя в результате чрезвычайной ситуации.

Таблица. Основные функции сервисов ГИС

Сервисы ГИС	Основные функции сервисов ГИС
Базовые сервисы	Общий сервис, поисковый сервис, сервис визуализации, сервис выполнения расчетов, предупреждающий сервис
Сервисы для ГИС - приложений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Картометрические функции (расчёт геометрических характеристик ГИС-объектов).</li> <li>2. Сетевой анализ (решение задач на транспортной сети).</li> <li>3. Работа с источниками данных электронной карты.</li> <li>4. Оверлейные операции (наложение двух различных слоев с генерацией производных объектов, возникающих при геометрическом наложении объектов исходных слоев).</li> <li>5. Работа с растровыми изображениями (построение растра, заполнение его ячеек характеристиками объектов и работа с ними).</li> <li>6. Зонирование (построение участков территорий, однородных в смысле выбранного критерия или группы критериев)</li> </ol>

Порядок расчета срока восстановления объекта железнодорожной сети с использованием функций сервисов ГИС в укрупненном виде следующий:

шаг 1 – определение характеристик объекта. При этом выполняются следующие действия:

1.1 объект классифицируется (определяется его тип: «мост»→ «средний»→ «на железобетонных опорах», «береговой подход→ высокий»...) (функции 1, 3);

1.2 определяются условия восстановления (скорость течения реки, уровень воды и т.д.) (функция 3);

шаг 2 – расчет сил и средств, требуемых для восстановления объекта:

2.1 расчет производственных возможностей выделяемых сил (строительно-восстановительных организаций) для восстановления объекта;

2.2 расчет сроков прибытия строительно-восстановительных организаций к объекту (функции 2, 3);

2.3 определение потребностей в строительно-восстановительных материалах (с учетом возможностей по местным заготовкам, например земляного балласта, лесоматериалов и др.) и времени их доставки к месту работ (функции 2, 3).

шаг 3 – расчет срока восстановления объекта:

3.1 выбор варианта восстановления объекта на основании имеющихся заранее или вновь разработанных проектных решений по восстановлению с учетом наличия сил и средств, условий восстановления (базовые сервисы);

3.2 выполнение расчета срока восстановления объекта.

На рис. 1 приведен пример процедуры автоматизированного считывания исходных данных о характеристиках местности при расчете трассы обхода разрушенного объекта. Процедура реализована в виде программного модуля автоматизированного формирования трасс обходов из состава программного комплекса формирования проектных решений и планов ресурсного обеспечения по восстановлению искусственных сооружений сети железных дорог [6].

В программных модулях могут быть также реализованы функции контроля входной информации на основе считывания информации с электронных карт (рис. 2).

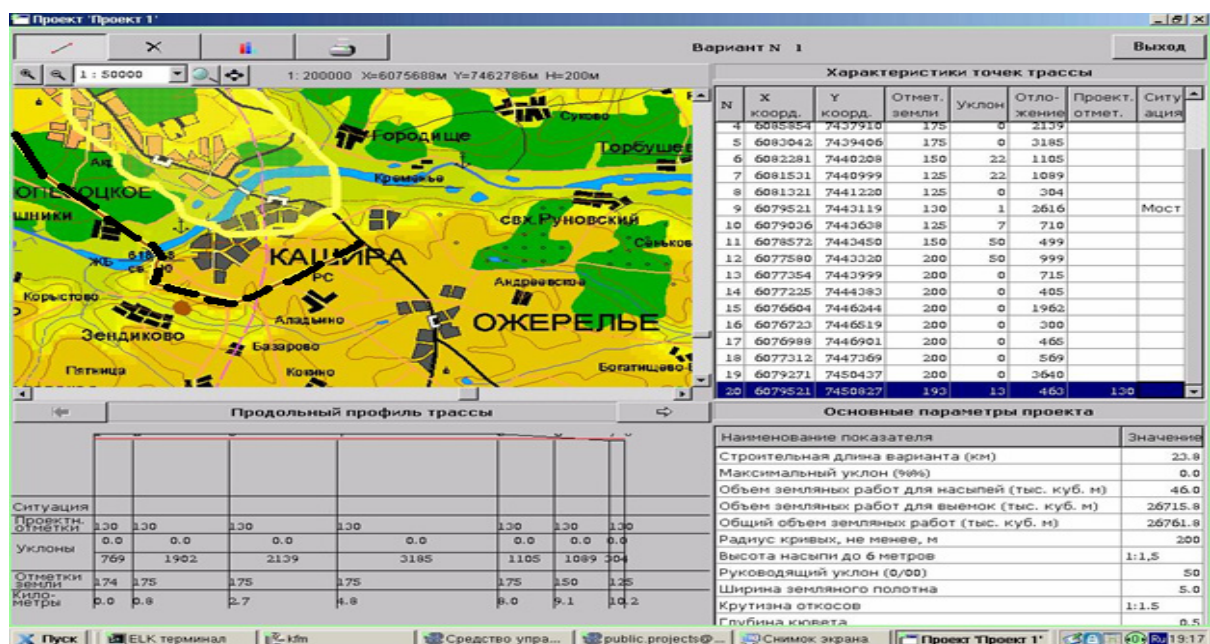


Рис. 1. Фрагмент реализации программного модуля автоматизированного формирования трассы обхода (изображена пунктирной линией)

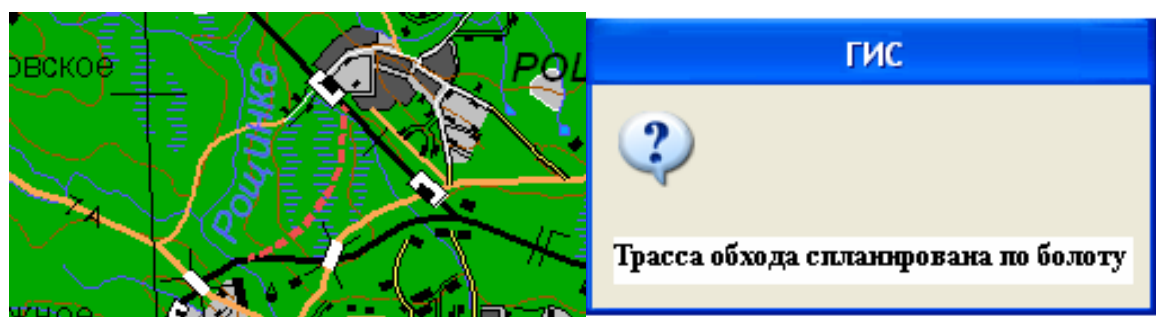


Рис. 2. Сообщение-предупреждение

В рамках проведения вычислительного эксперимента по реализации программного модуля автоматизированного формирования трасс обходов с использованием автоматизированного занесения необходимых данных с электронной карты в базу данных расчетных задач АСУ доказано, что, во-первых, для рассмотренных транспортных объектов существенно (в 1,5–2 раза) снижается продолжительность формирования в базе данных необходимой информации, а во-вторых на 15–20 % повышается оперативность реализации расчетов указанного программного модуля, что практически согласуется с теоретическими оценками.

Конструктивные особенности исследованной авторами ГИС «Горизонт», позволяющие реализовать эффективную работу пользовательских приложений, в статье не рассматриваются, однако функции сервисов ГИС, позволяющие повысить оперативность оценки сроков выполнения неотложных аварийно-восстановительных работ на разрушенных транспортных объектах, приведены в полном объеме.

В этой связи отметим, что ядро ГИС «Горизонт» реализует в интересах выполнения ГИС-приложений функции ввода-вывода данных, пространственного анализа данных и специфические расчетные функции. В состав функций пространственного анализа входят:

- картометрические функции (расчет площадей, длин, объемов, определение дирекционных углов, азимутов, углов между направлениями, вычисление углов наклона поверхностей, построение зон видимости);

– сетевой анализ (решение задач по определению оптимальных путей, уровней нагрузки на сеть на пространственных сетях, построенных на основе связанных линейных объектов, таких как реки, дороги, трубопроводы, линии электропередач и т.п.);

– функции работы с источниками данных электронной карты, позволяющие редактировать пространственное описание объектов и атрибутивных полей, выполнять поиск по некоторым критериям, задаваемым пользователем, с использованием операторов отношений (=, >=, <=, <>, <, >), логических операторов (and, or, not), арифметических операторов;

– оверлейные операции (наложение двух различных слоев с генерацией производных объектов, возникающих при геометрическом наложении объектов исходных слоев, и наследованием атрибутов объектов исходных слоев);

– анализ растровых изображений, заключающийся в построении растра и заполнении его ячеек, как атрибутивными значениями объектов, так и значениями, получаемыми на основе некоторых вычислений (например, расстояния до указанных пользователем объектов, времени движения от выбранных объектов до ячейки, уклону местности в данной ячейке);

– зонирование, заключающееся в построении новых объектов – зон, то есть участков территорий, однородных в смысле выбранного критерия или группы критериев, при этом границы зон могут либо совпадать с границами ранее существовавших объектов, либо строиться в результате различных видов моделирования.

Применение ГИС-технологий позволяет существенно сократить время и трудозатраты на обработку исходных данных, обеспечивает возможность наглядного просмотра обрабатываемой в АСУ транспортных систем информации, а также создание на их основе системы – симулятора (программные и аппаратные средства, создающие впечатление действительности, отображая часть реальных явлений и свойств в виртуальной среде). В связи с возрастающими возможностями современных ГИС, расширением спектра хранимой в электронных картах информации, реализация этих и других функций ГИС при разработке пользовательских приложений является актуальным направлением развития автоматизированных систем управления и информационно-расчетных систем.

### **Литература**

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2008. № 29 (Ч. II). Ст. 3537.

2. Артамонов В.С., Поляков А.С., Скороходов Д.А. Экспертный метод прогноза уровня надёжности и безопасности железнодорожного транспорта // Науч.-аналитич. журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2013. № 2. С. 37–42.

3. Онов В.А., Шарапов С.В. Повышение качества информационного обеспечения аварийно-спасательных формирований МЧС России в условиях кризисных ситуаций // Науч.-аналитич. журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2014. № 1. С. 58–66.

4. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 6–13.

5. Богданов А.В., Малыгин И.Г., Синещук Ю.И. Методологические основы математического моделирования сложных объектов безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 3 (27). С. 87–92.

6. Разработка программного комплекса формирования проектных решений и планов ресурсного обеспечения по строительству и восстановлению искусственных сооружений железных дорог: отчет о выполнении ОКР / А.А. Мусатов [и др.]. М.: НИИАА, 2009.