

# Разработка предложений по множеству информационно-расчетных задач для ГИС «Телекоммуникации на железнодорожном транспорте»

М. М. Степанова<sup>1</sup>, А. К. Канаев<sup>2</sup>

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

<sup>1</sup>prostopochtabezvoprosov@gmail.com, <sup>2</sup>kanaevak@mail.ru

**Аннотация.** Основная мысль статьи заключается в том, что решение информационно-расчетных задач для ГИС позволяет совершенствовать процессы в области телекоммуникаций на железной дороге и повысить эффективность работ подразделений связи.

В статье рассмотрен ряд конкретных предложений по разработке множества информационно-расчетных задач для ГИС, включая оптимизацию размещения элементов сетей связи и размещения РВБ, контроль над использованием ресурсов, моделирование и прогнозирование процессов эксплуатации, в частности восстановления сетей.

Контекст статьи заключается в необходимости совершенствования работы телекоммуникационных сетей на железнодорожном транспорте, подчеркивая важность применения ГИС в этой области, так как они позволяют анализировать и контролировать процессы эксплуатации с привязкой к географическим данным, что немаловажно для взаимодействия с различными объектами железнодорожной инфраструктуры.

**Ключевые слова:** геоинформационная система (ГИС), ремонтно-восстановительная бригада (РВБ), телекоммуникационные сети, системы связи, сетевое планирование, географические данные, информационно-расчетные задачи для ГИС

## I. ВВЕДЕНИЕ

Геоинформационная система (ГИС) – информационная система, оперирующая пространственными данными. [1]

Эти системы соединяют данные с картой, интегрируя местоположение с описательной информацией. ГИС помогают понять закономерности, взаимосвязи и географический контекст, создавая основу для картографирования и анализа. Среди преимуществ также можно указать улучшение взаимодействия и эффективности, а также повышение качества управления и принятия решений. Резюмируя: ГИС выполняет две важнейшие функции – это создание цифровой карты местности, интегрированной с расширенной базой данных, и превращение цифровой карты в электронную – визуализации – с возможностью интерактивной работы с ней пользователя. Такие системы широко применяются как в научных исследованиях, так и в различных отраслях практической деятельности. У операторов сетей связи есть все перспективы стать активным потребителем геоинформационных услуг.

Сети связи являются ключевым компонентом эффективной работы железнодорожного транспорта. Системы технологической связи – составная часть технологического процесса перевозок грузов и пассажиров. Основными среди них являются следующие: общетехнологическая телефонная связь (ОбТС), обеспечивающая передачу речи в системе административного управления, обмен аудио-сообщениями между работниками различных служб в подразделениях транспорта, обмен сообщениями между работниками транспорта и клиентами; оперативно-технологическая телефонная связь (ОТС), являющаяся составной частью технологического процесса в системе диспетчерского руководства движением поездов, энергохозяйстве, хозяйствах сигнализации и связи и пр. Кроме того, это связь в технологических процессах на станциях (стрелочная, парковая, горочная, директорская и др.).

Сеть технологической связи железнодорожного транспорта должна удовлетворять всем требованиям по качеству функционирования, всем стандартам, чтобы быть востребованной для замен, обходов, резервирования и других целей. ГИС в этой сфере играют существенную роль, позволяя управлять большим объемом информации и концентрировать внимание на разных параметрах, таких как расстояние, форма, площадь и их взаимосвязи.

В рамках развития сетей связи на железнодорожном транспорте является решение информационно-расчетных задач (далее – ИРЗ) с помощью ГИС, которые требуют анализа существующих процессов и определения потенциальных направлений для оптимизации и инноваций.

ИРЗ – это задачи, которые решаются с использованием информационных ресурсов (процесс сбора, хранения, поиска информации преобразования её из одного вида в другой без её изменения) и вычислительных, которые приводят к созданию новой информации, непосредственно не содержащейся в исходной. Информационно-расчетные задачи предназначены для автоматизации расчетов, моделирования процессов и ситуаций, имеющих место в системах управления.

Описание ИРЗ должно содержать в себе постановку задачи, исходные данные, методы и алгоритмы решения, а также полученные результаты и их интерпретацию. В некоторых случаях также могут быть указаны

ограничения, предположения или допущения, которые были сделаны в процессе решения.

Важной частью ИРЗ является сбор и анализ данных. В контексте применения ИРЗ для ГИС сами геоинформационные системы являются исходным материалом для задач. Они включают пространственные данные (карты, растровые изображения, векторные объекты) и атрибутивные данные (таблицы, информация о пространственных объектах). Для решения ИРЗ разрабатывается специальное программное обеспечение (СПО), методически-математический аппарат, то есть совокупность методов, алгоритмов и математических моделей.

## II. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В диссертации [2] отмечено, что любая телекоммуникационная система является пространственно-распределенным комплексом различных объектов. Каждый объект имеет свои географические координаты, находится в определенной точке местности и обладает собственным набором характеристик универсальных для конкретного объекта сети связи. Следовательно, структуру любой телекоммуникационной системы можно представить в виде карты объектов этой системы с соответствующим набором взаимосвязей. Таким образом, любой комплекс телекоммуникационного оборудования можно рассматривать как часть цифровой модели или цифровой карты местности, и это означает, что в этой области имеется возможность использования геоинформационных систем.

В источнике [3] автор исследует принципы и методики построения информационно-телекоммуникационных систем на базе ГИС-технологий. В связи с быстрым развитием телекоммуникационных технологий и молодостью этой отрасли, внедрение элементов информационно-телекоммуникационных систем происходит хаотично. Предприятия связи предпочитают внедрять отдельные модули, чтобы решить текущие проблемы. В результате оператор получает не комплексную систему, а набор отдельных модулей, не взаимодействующих друг с другом. Кроме того, большинство этих решений не учитывает региональное распределение элементов сети, что является важным фактором для сетей связи. Поэтому особый интерес для исследования представляют системы, базирующиеся на геоинформационных технологиях. Подобный подход приобретает большую популярность в связи с тем, что материалом для работы информационно-телекоммуникационных систем являются данные об объектах, имеющих пространственную привязку и большое количество атрибутивной информации, их характеризующей.

## III. ИССЛЕДОВАНИЕ

Для разработки множества информационно-расчетных задач был проведен анализ существующих ГИС, используемых в области железнодорожного транспорта и телекоммуникаций (ГИС CONNECT, NextGIS, ArcGIS). Были изучены требования и потребности подразделений связи, а также проведен анализ существующих проблем и недостатков в работе этих подразделений. На основе полученных данных были разработаны информационно-расчетные задачи, которые могут быть решены с помощью ГИС.

Существующие ГИС для телекоммуникаций могут выполнять задачи по сетевому планированию, учету ресурсов, прогнозированию. В качестве перспективы развития этой отрасли на ЖД будут исследоваться варианты, рассмотренные ниже.

## IV. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННО-РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ

В качестве примера ИРЗ, необходимых для реализации ГИС, были сформулированы следующие:

### 1. Задачи по инвентаризации и учету объектов телекоммуникационной инфраструктуры:

- Учет кабельных линий;
- Учет волоконно-оптических линий связи (ВОЛС);
- Учет коммутационного оборудования;
- Учет систем передачи данных;
- Учет каналов связи;
- Учет абонентов.

### 2. Задачи по планированию и проектированию телекоммуникационных сетей:

#### 2.1 Выбор оптимального маршрута прокладки кабельных линий и ВОЛС:

- Анализ топографических данных, рельефа, растительности, типов почв, наличия водоемов, инженерных сооружений.
- Учет требований к прокладке кабелей (нормативы, ограничения).
- Расчет стоимости строительства и эксплуатации.

#### 2.2 Размещение телекоммуникационного оборудования:

- Выбор оптимальных мест для установки базовых станций, ретрансляторов, коммутационного оборудования.
- Расчет зон покрытия и емкости сети.
- Обеспечение бесперебойного сигнала на всем маршруте движения поездов.

### 3. Задачи по мониторингу и анализу состояния телекоммуникационных сетей:

#### 3.1 Мониторинг состояния телекоммуникационной инфраструктуры:

- Сбор данных о состоянии кабельных линий, ВОЛС, коммутационного оборудования, систем видеонаблюдения.
- Выявление и прогнозирование возможных аварий и сбоев.
- Планирование ремонтных работ.

#### 3.2 Управление ресурсами сети:

- Распределение и оптимизация использования каналов связи, частотного спектра.
- Обеспечение бесперебойной работы телекоммуникационных систем.
- Контроль за качеством предоставляемых услуг.

#### 3.3 Анализ и прогнозирование трафика:

- Визуализация и решение задач по инжинирингу трафика.
- Прогнозирование пиковых нагрузок на сеть.

### 3.4 Пространственный анализ данных о телекоммуникационной инфраструктуре:

- Визуализация данных о состоянии сети, зонах покрытия, трафике.
- Выявление закономерностей и проблемных зон.

### 3.5 Оценка эффективности работы телекоммуникационных систем:

- Анализ КРІ (ключевых показателей эффективности) сети.
  - Выявление и устранение узких мест.
  - Разработка мероприятий по улучшению качества предоставляемых услуг.
4. Задачи по управлению телекоммуникационными сетями:
- Конфигурирование оборудования.
  - Управление маршрутизацией трафика.
  - Обеспечение качества обслуживания (QoS).

### 5. Задачи по управлению РВБ.

## V. РЕЗУЛЬТАТЫ

Сетевое планирование систем связи является одним из важных направлений при разработке информационно-расчетных задач. Особенно актуально оно становится в процессе расширения и внедрения новой инфраструктуры. Применение ГИС в данной области позволяет оптимизировать множество аспектов проектирования и анализировать проекты с помощью человеко-машинного подхода [4].

Одной из задач, которую решает ГИС, является выбор оптимального размещения элементов сетей связи. При этом необходимо учитывать множество факторов, таких как технологии и стандарты, географические и климатические условия, а также потребности пользователей. ГИС позволяет проводить экспресс-анализ участков местности для оптимизации размещения оборудования. Также с его помощью можно рассчитывать оптимальные маршруты прокладки кабелей и оптоволоконных линий, учитывая различные особенности, такие как преграды на маршруте, или наличие уже проложенных сетей (как показано на рис. 1).

Анализ данных о трафике, визуализация зон покрытия и учет потребностей пользователей помогают определить наиболее выгодные места для установки оборудования, включая системы подвижной радиосвязи.

Те же методы можно использовать для расчета оптимального расположения ремонтно-восстановительных бригад (РВБ), формируемых по территориальному признаку. Помимо стандартного расчета пути по графу дорожной сети, использование ГИС позволяет решать задачи анализа дорожной доступности и проходимости местности, используя матрицы рельефа и поверхностные свойства районов [5]. Это дает возможность выстраивать наиболее короткие маршруты до места аварии с минимальными временными затратами.

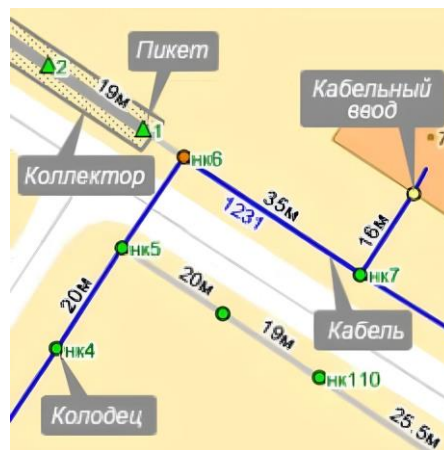


Рис. 1. Визуализация прохождения кабеля по тоннелям канализации и участкам коллектора при помощи ГИС

В информационно-расчетных задачах для ГИС «Телекоммуникации на железнодорожном транспорте» также важно осуществлять контроль над использованием ресурсов, моделировать и прогнозировать процессы эксплуатации, включая восстановление сетей. Для этого необходимо проанализировать нагрузку на сеть и определить параметры распределения ресурсов между различными узлами и устройствами связи. Такой подход позволит создавать точные модели сетей, оценивать их текущее состояние и проводить прогнозы возможных поломок или аварий. Кроме того, это поможет сократить затраты на строительство и обслуживание сети.

Результаты внедрения множества задач для ГИС будут следующими:

1. Оптимизация процессов связи: разработанные информационно-расчетные задачи помогут улучшить планирование и организацию обслуживания, обеспечивая быстрый и безопасный обмен информацией на железнодорожном транспорте. Это приведет к сокращению времени отклика и повышению оперативности работы подразделений связи.

2. Снижение затрат: эффективное использование ГИС позволит оптимизировать расходы на обслуживание телекоммуникационных систем на железной дороге. Автоматизация процессов и улучшение планирования ресурсов позволят сократить издержки и снизить затраты на их обслуживание.

3. Надежность и качество связи: внедрение данных информационно-расчетных задач для ГИС «Телекоммуникации на железнодорожном транспорте» позволит улучшить качество и надежность связи на железнодорожных маршрутах. Более точное планирование и контроль ресурсов связи помогут предотвратить возможные сбои и проблемы, обеспечивая непрерывность работы систем связи на железной дороге.

## VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка информационно-расчетных задач для ГИС «Телекоммуникации на железнодорожном транспорте» является важным шагом в совершенствовании процессов в области телекоммуникаций на железной дороге. Решение данных задач способствует повышению эффективности работы подразделений связи, оптимизации процессов,

сокращению затрат на обслуживание и на строительство новых сетей, обеспечению более надежной и качественной связи на железнодорожном транспорте.

Дальнейшие исследования и разработки в данной области приведут к значимым улучшениям в функционировании систем связи, что принесет выгоду как пассажирам, так и грузоотправителям, а также повысит безопасность и эффективность железнодорожного транспорта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ Р 52438-2005 Национальный стандарт российской федерации. Географические информационные системы. Термины и определения.
- [2] Сивков В.С. Применение геоинформационных технологий для решения задач электромагнитной безопасности телекоммуникационных систем: дис. ... канд. техн. наук / Поволжская государственная академия телекоммуникаций и информатики (ГОУ ВПО ПГАТИ). Самара. 2007.
- [3] Щербинин М.В. Разработка и исследование принципов и методики построения информационно-телекоммуникационных систем на базе ГИС-технологий: дис. ... канд. техн. наук / Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК). Москва. 2007.
- [4] Кужелев П.Д. Цветков В.Я. Применение ГИС на железнодорожном транспорте // Успехи современного естествознания. 2009. № 4. С. 43-44.
- [5] Аргун-Софт: сайт. – URL: [https://argun-soft.ru/gisbase\\_irzx](https://argun-soft.ru/gisbase_irzx)