

Электронное моделирование

УДК 528.063, 519.652

**А. А. Никитчин, канд. техн. наук,
Н. А. Богданов**

Кафедра «Инженерная геодезия»,
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

В. С. Рыбкин

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОАО «РЖД»

Рассматривается возможность применения геоинформационной системы с поддержкой принятия решений для повышения эффективности использования ресурсов, оптимизации выполнения работ, связанных с техническим содержанием устройств, в структурных подразделениях дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД». Проводится анализ технологических схем организации взаимодействия внутренних компонентов и программного обеспечения наиболее распространенных геоинформационных систем с целью выбора оптимальной структуры. Разработаны требования к предлагаемой геоинформационной системе с поддержкой принятия решений, соответствующие реалиям работы ОАО «РЖД». По результатам анализа построена структура взаимодействия компонентов геоинформационной системы со смежными – автоматизированной системой управления и системой технического диагностирования и мониторинга. Определен состав слоев и список необходимых для решения задач.

геоинформационные система; система поддержки принятия решения; дирекция инфраструктуры; система мониторинга, ОАО «РЖД»

Введение

Поддержание железнодорожной инфраструктуры в работоспособном и исправном состоянии требует значительных материальных и людских ресурсов, поэтому одной из приоритетных задач холдинга ОАО «РЖД» является сокращение материальных затрат на объекты инфраструктуры без потерь

в надежности и пропускной способности. Достижение этой цели возможно лишь путем совершенствования способов обслуживания и реновации морально и физически устаревших средств механизации, применения средств и систем удаленного контроля, автоматизации систем управления.

Применяемые в структурах ОАО «РЖД» системы технического диагностирования и мониторинга (ТДМ) и автоматизированные системы управления (АСУ) в настоящее время требуют постоянного анализа получаемых данных, что приводит к загруженности информацией работников диспетчерского аппарата служб дирекции инфраструктуры (ДИ). Решение данной проблемы возможно путем применения систем, способных при минимальном участии специалистов, на основе собранных данных осуществлять комплексный анализ для решения следующих задач:

- ведение паспортной, проектной и нормативно-справочной документации по всем объектам, входящим в ДИ;
- сбор, синхронизация, анализ и визуализация данных, получаемых от различных систем в режиме реального времени;
- визуализация поездного положения в режиме реального времени;
- оценка эффективности использования материальных и людских ресурсов ДИ;
- планирование графика технологического процесса, обслуживания объектов железнодорожной инфраструктуры;
- выявление и контроль своевременности устранения нарушений содержания объектов ДИ;
- прогнозирование состояния объектов.

В ДИ включены следующие структурные подразделения: дистанции пути и искусственных сооружений (ПЧ), дистанции сигнализации централизации и блокировки (ШЧ), а также структурные подразделения, в зону ответственности которых входят гражданские сооружения и вагонное хозяйство. Основной задачей структурных подразделений является поддержание существующей пропускной способности сети железных дорог (или ее повышение) путем обеспечения технической и технологической готовности обслуживаемых устройств, уменьшение количества отказов и др.

Увеличение скоростей движения, перевозимого тоннажа, уменьшение интервалов попутного следования между поездами и повышение количества пар поездов влечет за собой уменьшение времени и создание дополнительных сложностей при выполнении графика технологического процесса обслуживающего персонала ДИ, направленного на поддержание устройств в работоспособном и исправном состоянии. Данные проблемы требуют нахождения новых и совершенствование существующих методов обслуживания и ремонта.

Создание высокоточной координатной системы (ВКС) комплексной системы пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта (КСПД ИЖТ) позволит обеспечить высокоточными координат-

ными данными все объекты, входящие в железнодорожную инфраструктуру. Основной задачей ВКС КСПД ИЖД является организация взаимодействия между различными АСУ в течение всего жизненного цикла комплекса инфраструктуры. В настоящее время ВКС широко применяется при изысканиях, проектировании и ремонте железнодорожного пути, на железнодорожных магистралях активно создаются высокоточные геодезические сети [1–10].

Применение пространственных данных и другой информации из ВКС КСПД ИЖД позволит создать геоинформационную систему (ГИС) с подпрограммой поддержки принятия решений персонала, способной эффективно и в кратчайшие сроки решать возникающие в процессе эксплуатации объектов железнодорожной инфраструктуры проблемы.

1 Определение структуры геоинформационной системы

ГИС – система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (геоинформационных) данных и связанной с ними информации о наблюдаемых объектах [11]. Таким образом, ГИС – это модернизированные базы данных, имеющие возможность моделирования инфраструктуры объекта исследования (коммуникации, территориальная структура и др.).

Системы ГИС обеспечивают решение следующих задач:

1) моделирование технологического процесса работы предприятия по результатам измерений глобальных навигационных спутниковых систем и наземного и воздушного лазерного сканирования;

2) управление парком транспортных средств и эксплуатационным штатом предприятия;

3) мониторинг текущего состояния объектов инфраструктуры и планирование графика выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту закрепленных за предприятием устройств и систем;

4) предоставление информационно-справочных услуг пользователям системы.

ГИС железнодорожного транспорта – информационно-управляющая автоматизированная система, призванная обеспечивать решение задач инвентаризации, проектирования и управления объектами железнодорожного транспорта [4].

На основании анализа существующих ГИС [12–16], применяемых не только на транспорте, но и в других сферах деятельности человека, и с учетом специфики железнодорожного транспорта были сформированы основные требования к информационному, аппаратно-программному и техническому обеспечению, которым должна соответствовать ГИС для управления структурными подразделениями ДИ ОАО «РЖД».

Система ГИС для обеспечения высококачественной работы ДИ оперирует следующими данными:

- инвентарные и технические данные объектов ДИ;
- данные о землях, входящих в полосу отвода железной дороги;
- проекты, нормативные акты и другая нормативно-справочная документация;
- данные об объектах, граничащих с объектами РЖД и способных повлиять на их работу (нефтепроводы, газопроводы, линии электропередач и т. д.);
- результаты мониторинга за определенный период;
- данные о техническом и технологическом штате и закрепленных за ними объектах;
- графики работ по техническому обслуживанию, ремонту и строительству объектов железнодорожной инфраструктуры.



Рис. 1. Структурная схема ГИС ДИ ОАО «РЖД»

На рис. 1 представлена схема, на которой показано взаимодействие ГИС с различными смежными системами.

Управление линейными предприятиями, входящими в ДИ, должно осуществляться на основе:

- картографических, геодезических, геологических и гидрологических баз данных ОАО «РЖД»;
- данных, полученных от других ГИС;

- данных топографической съемки, дистанционного зондирования полосы отвода железной дороги и прилегающих к ней территорий;
- измерений, выполненных геодезическими методами и системами ТДМ;
- результатов комиссионных осмотров и обследований;
- данных от систем АСУ и ТДМ;
- данных о реальном поездном положении, участковой установленной скорости движения и грузонапряженности железнодорожных участков;
- графика движения поездов.

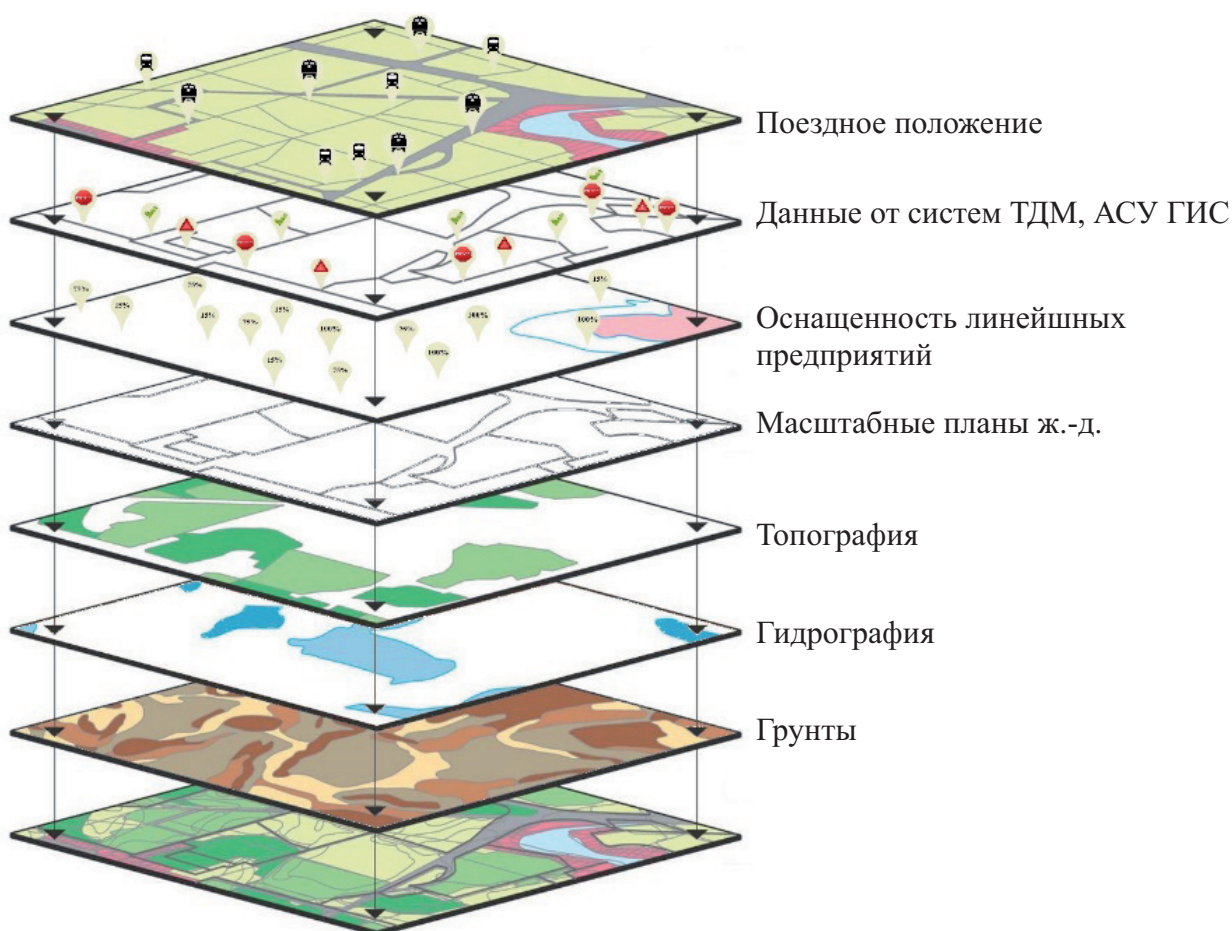


Рис. 2. Слои разрабатываемой ГИС ДИ ОАО «РЖД»

На рис. 2 представлен необходимый перечень слоев для разрабатываемой ГИС.

Геоинформационная система с подсистемой поддержки принятия решений в процессе управления линейным предприятием должна обеспечивать предоставление пользователям следующей визуализированной информации:

- граф железной дороги с пространственной привязкой всех прилегающих объектов;

- фото- и видеоматериалы о запрашиваемом объекте (включая режим просмотра в реальном времени);
 - паспортную, проектную и нормативно-справочную информацию об объектах;
 - данные о выполняемых на объекте работах за необходимый период;
 - результаты периодических проверок, комиссионных осмотров и мониторинга технического состояния;
 - графики технологического процесса содержания устройств.
- Функциональные возможности ГИС должны обеспечивать:
- создание, дополнение и редактирование базы данных с применением специализированного программного обеспечения;
 - ведение работы с существующими картографическими слоями, создание и корректировку новых слоев;
 - работу в системах координат (ВКС ОАО «РЖД», ПЗ-90 и WGS-84);
 - поиск объектов;
 - необходимые измерения;
 - прокладку маршрутов движения транспортных средств;
 - планирование работы по техническому обслуживанию и ремонту;
 - получение данных от смежных систем (ГИС, АСУ, ТДМ) и визуализацию их для получения более точной информации техническом состоянии объектов и поездном положении;
 - формирование отчетной документации в соответствии с требованиями ОАО «РЖД».

2 Выбор технологической схемы и программного обеспечения

В настоящее время можно выделить четыре вида технологических схем, которые применяются при построении ГИС.

Технологическая схема, приведенная на рис. 3, представляет собой единый готовый к работе продукт, размещенный на ПЭВМ пользователя, куда устанавливается программное обеспечение, используемое для работы ГИС. Достоинства данной схемы – высокая скорость обмена данными, нестандартные способы обработки и визуализации данных и простота администрирования. Минусы данного решения – проблемы, возникающие при работе со сторонним программным обеспечением при корректировке и расширении функциональных возможностей программного обеспечения, ограниченность применения форматов данных.

На рис. 4 представлен вид технологических схем ГИС, реализованный на основе взаимодействия серверной части и клиентской ПЭВМ. Применяемое в данной схеме программное обеспечение по своей структуре практически идентично ранее представленной схеме. Кроме положительных сто-

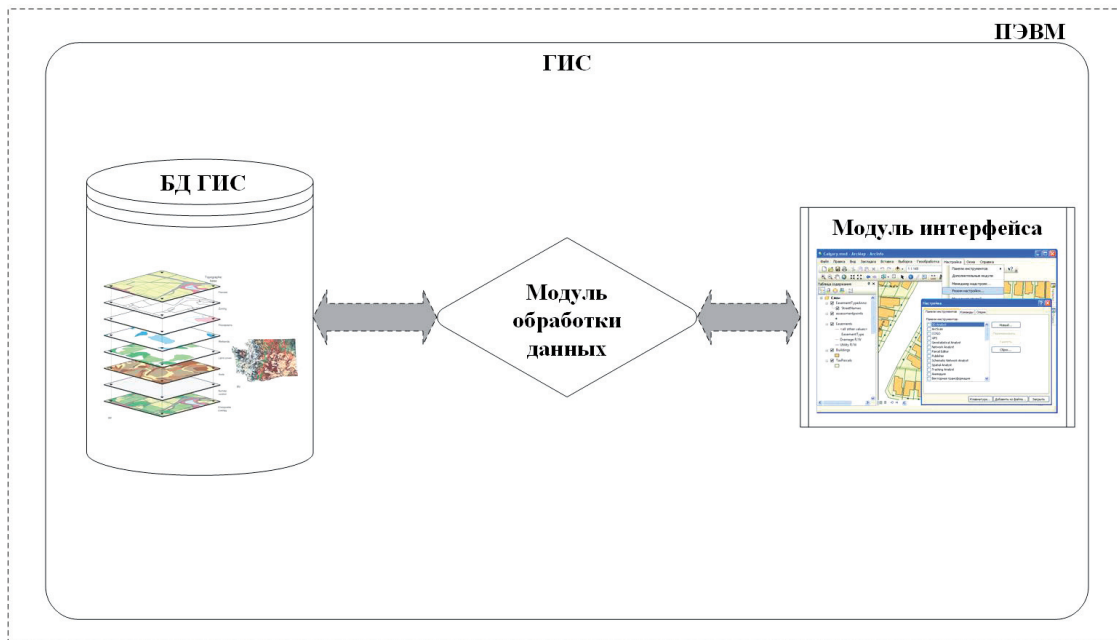


Рис. 3. Первая технологическая схема ГИС

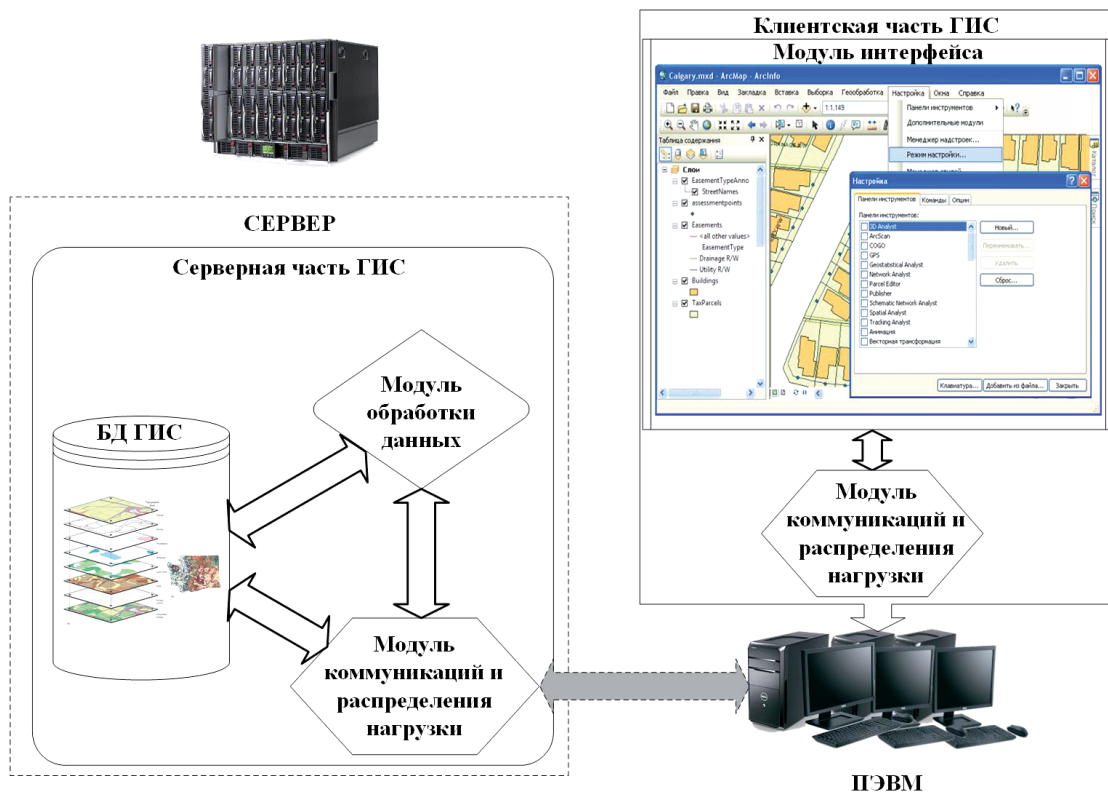


Рис. 4. Вторая технологическая схема ГИС

рон, наследованных от первой схемы, добавляется возможность совместной работы сразу нескольких пользователей, повышается стабильность работы и открывается возможность увязки с другими системами и программами. Усложнение схемы влечет за собой проблемы администрирования и корректировки программного обеспечения.

Увеличение числа пользователей ГИС требует усложнения технологической схемы и в части программного обеспечения для серверного оборудования за счет применения специализированных программ для работы с базами данных. Измененная технологическая схема представлена на рис. 5. Применение такой структуры построения позволяет повысить функциональные возможности системы ГИС за счет концентрации усилий разработчика программного обеспечения и развития алгоритмов обработки пространственной информации. Минусами применения данной технологической схемы является использование стороннего программного обеспечения, усложнение администрирования.

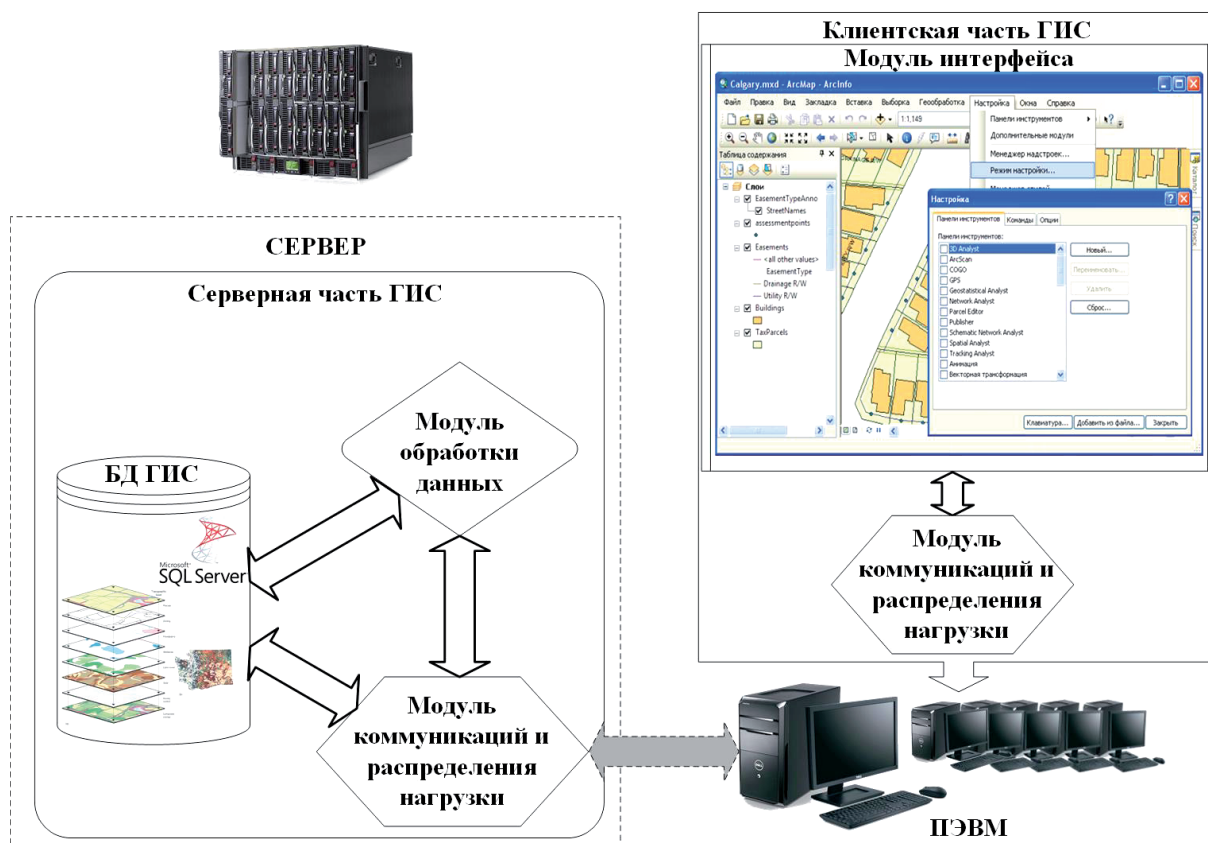


Рис. 5. Третья технологическая схема ГИС

Технологическая схема, показанная на рис. 6, представляет собой усовершенствованный вариант третьей схемы за счет установки расширений в систему управления базами данных (СУБД). Модуль обработки данных в ГИС спроектирован для работы в используемой структуре с расширения-

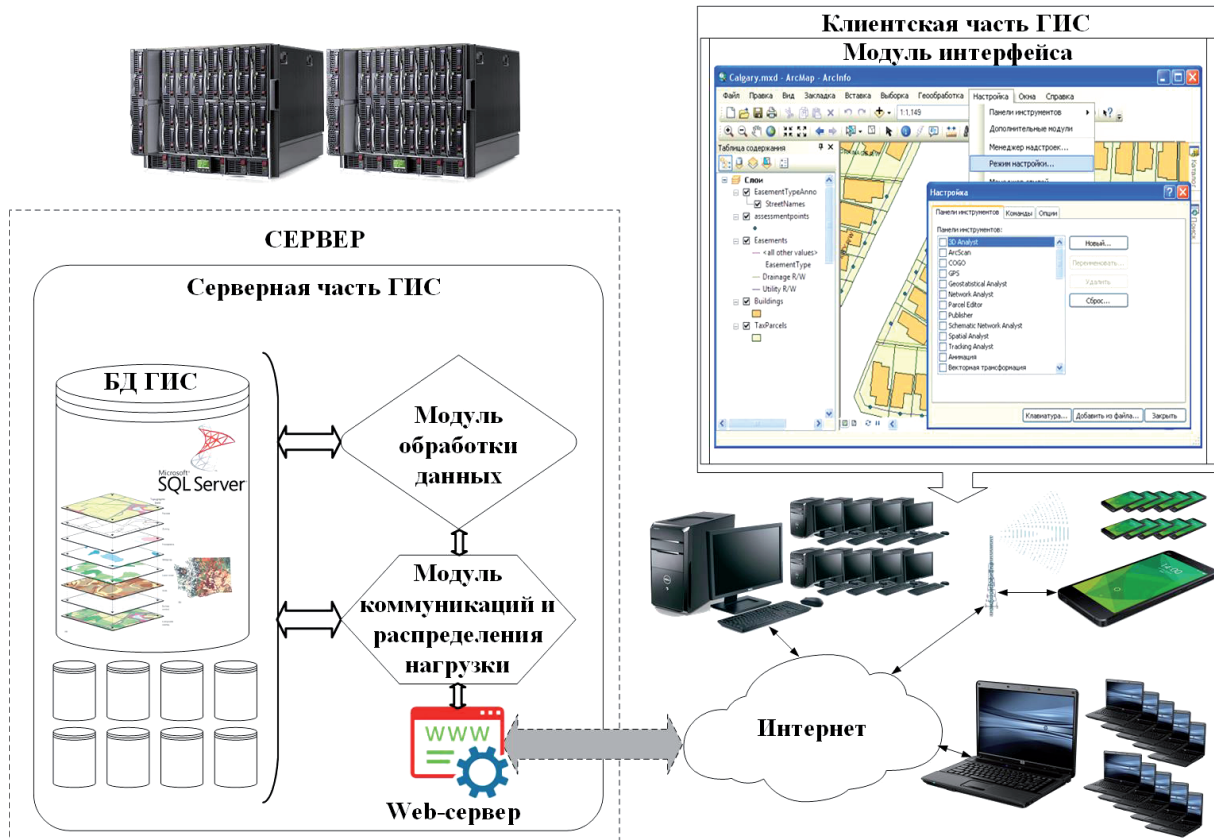


Рис. 6. Четвертая технологическая схема ГИС

ми СУБД. Кроме того, для расширения функциональных возможностей четвертая технологическая структура может быть дополнена веб-сервером для упрощения работы клиентов ГИС.

Кроме технологических схем взаимодействия клиентов ГИС с данными, важную роль при построении системы играет выбор программной платформы, которая должна дать возможность реализовать все требуемые функции.

Анализ наиболее известных зарубежных и отечественных платформ ГИС [17–32] и результаты исследования представлены в таблице.

Заключение

Создание ГИС с подпрограммой поддержки принятия решений, способной решать вышеперечисленные задачи и проблемы, возникающие при содержании объектов железнодорожной инфраструктуры, позволит:

- накапливать, систематизировать и визуализировать данные;
- обеспечивать оперативное получение техническим и технологическим персоналом достоверной и актуальной информации о техническом состоянии объектов инфраструктуры, поездном положении и выполняемых работах;

Таблица. Достоинства и недостатки четвертой технологической схемы

Разработчик	Программные продукты	Технологические схемы построения ГИС	Сертификация ФСТЭК России	Работа с особо важными данными в РФ	Наличие учебных центров в России	Простая установка	Простота обучения	Примечания
ESRI, Inc (Калифорния, США)	ArcGIS for Desktop; ArcGIS for Mobile; ArcGIS for Server; ArcGIS Online	1, 3, 4	+	+	+	-	-	Используется в Министерстве обороны Российской Федерации
Bentley Systems (США)	MicroStation; ProjectWise; Bentley Geospatial Desktop; Bentley Map	1, 2	-	-	-	-	-	Рабочее программное средство устанавливается под определенную задачу в процессе развёртывания
Integrach Corporation (США)	GeoMedia; TeraShare; G/Technology; ImageStation; ERDAS; InService; I/CAD	1, 3, 4	-	+	-	-	-	
Pitney Bowes Software (США)	MapInfo Professional; MapBasic; MapInfo MapX; MapInfo MapX Mobile; MapInfo MapXtreme	1, 3, 4	-	-	-	+	+	Схемы построения 3 и 4 плохо справляются с нагрузкой
Autodesk, Inc (США)	AutoCAD Map 3D; AutoCAD Civil 3D; Autodesk Infrastructure Map Server	1, 3, 4	-	-	-	-	-	

Продолжение таблицы

Разработчик	Программные продукты	Технологические схемы построения ГИС	Сертификация ФСТЭК России	Работа с особо важными данными в РФ	Наличие учебных центров в России	Простая установка	Простота обучения	Примечания
ЗАО «КБ «Панорама»» (Россия)	Профессиональная ГИС «Карта 2011»; настольная ГИС «Карта 2011»; про-фессиональный векторизатор «Панорама-редактор»; GIS Rapogama Mobile; GIS Toolkit; ГИС «Сервер»; GIS WebServer; GIS WebService; GIS WebFeatureService (GIS WFS); ГИС «Панорама» (Карта 2005) для Linux	1, 2	+	+	+	-	+	Максимально соответствует российской схеме обозначений; продукт протестировался для Министерства обороны Российской Федерации
ЗАО «ЦСИ «Интергео»» (Россия)	Сервер данных ИнГео; ГИС ИнГео; сервер приложений ИнГео; ИнГео MapX; ИнГео MapW; ИнГео MapJ v.2	3	+	-	-	+	+	
ЗАО «СиСофт-Терра» (Россия)	CS MapDrive; CS GIS Engine; CS UrbanView;	4	+	+	+	-	-	
ОАО «Научно-производственная корпорация «Рекод»» (Россия)	РЕКОД-Модель; РЕКОД-Инфраструктура; РЕКОД-Доступ; РЕКОД-Геопортал; РЕКОД-Регистратор; РЕКОД-МТ	1, 2, 3, 4	+	+	-	-	-	
ООО «Поли-терм» (Россия)	ГИС Zulu; ГИС ZuluServer; ZuluXTools; ZuluNetTools	1, 2	+	-	-	+	+	
ООО «ГЕОКАД плюс» (Россия)	Geocad Systems; Geocad Systems Enterprise Edition	1, 2, 4	+	+	-	-	-	

Окончание таблицы

Разработчик	Программные продукты	Технологические схемы построения ГИС	Сертификация ФСТЭК России	Работа с особо важными данными в РФ	Наличие учебных центров в России	Простая установка	Простота обучения	Примечания
ООО «ГЕОКАД плюс» (Россия)	(GSEE); АИС «ОГД»; Реестр муниципального имущества; АРМ «КИН»; Бюро технической инвентаризации; Кадастр предприятия							
ООО «Индор-Софт» (Россия)	IndorGIS; IndorCAD; IndorRoad; IndorPower	1, 4	+	-	+	-	-	Продукт построен по схеме 4 применяется только для узкоспециализированных областей
СП «Кредо-Диалог» (Россия)	Credo_dar professional; Credo «Топоплан 1.1»; Credo «Линейный изыскания»; Credo «Геология»; Credo «Дороги»; Credo «Генплан»; Credo «Кадастр»	1	+	-	+	+	+	
ООО «Центр ПрограммСистем» (Россия)	ГИС «Агро Управление»; ГИС «Похозяйственная книга»; ГИС GEO'S	2, 4	+	-	-	-	-	
ООО «Инженерно-технологический центр «СКАНЭКС»» (Россия)	WEB-ГИС «Геомиксер»	4	+	+	+	+	-	
OSGeo	Объединение PostGIS+QGIS+MapServer+OpenLayers	1, 4	-	-	-	-	-	

- повысить уровень контроля качества работ по содержанию объектов железнодорожной инфраструктуры;
- увеличить эффективность принятия управленческих решений;
- снизить эксплуатационные затраты на содержание объектов инфраструктуры;
- повысить безопасность движения поездов.

На основании анализа рассмотренных технологических схем реализации взаимодействия оборудования ГИС и программных платформ и с учетом специфики структуры ОАО «РЖД» для решения поставленной задачи по реализации ГИС с подсистемой поддержки принятия решений эффективно применение технологической схемы, представленной на рис. 4 и программной платформы ESRI (США). Программное обеспечение, предлагаемое данной фирмой, имеет действующий сертификат ФСТЭК и допуск к работе с особо важными данными.

Библиографический список

1. Матвеев С. И. Высокоточные цифровые модели пути и спутниковая навигация железнодорожного транспорта : монография / С. И. Матвеев, В. А. Коугия. – М. : Маршрут, 2005. – 290 с.
2. Гапанович В. А. В едином высокоточном координатном пространстве / В. А. Гапанович // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 16–20.
3. Воробьёв В. Б. Реализуя инновационные подходы и технологии / В. Б. Воробьёв, В. М. Ермаков // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 21–23.
4. Гельфгат А. Г. Топографо-геодезическое обеспечения с использованием ГЛОНАСС / А. Г. Гельфгат, В. Д. Гайдуков, Д. А. Вольфсон, Д. С. Манойло // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 24–26.
5. Родоманченко М. Г. Инженерные изыскания и проектирование ВКС / М. Г. Родоманченко, А. А. Альхимович, Д. С. Манойло, А. В. Портнов // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 27–29.
6. Черногоров Ю. А. Диагностика объектов инфраструктуры с применением КСПД ИЖТ / Ю. А. Черногоров, В. П. Бирюзов, А. И. Лисицын, Е. В. Ермаков // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 30–32.
7. Борецкий А. А. Особенности инновационной технологии модернизации пути / А. А. Борецкий, И. Я. Пименов, В. М. Ермаков, С. В. Духин, А. В. Нуйкин // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 33–35.
8. Танаев В. Ф. Пилотный проект на Октябрьской железной дороге / В. Ф. Танаев, Е. В. Дорот, Е. А. Шевцов, О. Ю. Попов // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 36–39.
9. Тяглов Р. С. Решение прикладных задач инфраструктурного комплекса / Р. С. Тяглов, О. А. Янович, Н. П. Фомин, И. Н. Лукин, А. В. Петрушин // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 40–42.

10. Назаров А. С. Нормативное обеспечение координатных методов / А. С. Назаров, Д. А. Вольфсон, Б. Ш. Альтшулер, Н. В. Сазонов // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 43–44.
11. NUK3. – URL : <http://nku3.ru/1-kurs/geograficheskaja-informatcionnaja-sistema>.
12. Ротенберг И. Н. Интегрированная система управления железной дорогой с применением спутниковых технологий / И. Н. Ротенберг, О. В. Тони, В. Я. Цветков // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 6. – С. 54–57.
13. ВНИИАС. Управление и контроль транспортных средств различного назначения с применением спутниковых навигационных систем, систем цифровой связи и дистанционного зондирования. – URL : <http://www.vniias.ru/control-and-supervision-of-various-vehicles>.
14. Студенческий научный форум. – URL : <http://www.scienceforum.ru/2015/pdf/13879.pdf>.
15. Иодис В. Я. Система мониторинга деформаций компании JAVAD GNSS / В. Я. Иодис // Геопрофи. – 2015. – № 3. – С. 4–8.
16. Брусило В. А. Комплексная отраслевая геоинформационная система автомобильных дорог «ДОРГИС» / В. А. Брусило // Геопрофи. – 2015. – № 3. – С. 9–13.
17. Esri CIS. – URL : <https://www.esri-cis.ru>.
18. Bentley. – URL : <https://www.bentley.com/ru>.
19. Hexagon. – URL : <http://www.intergraph.com/global/ru>.
20. Pitneybowes. – URL : <http://www.pitneybowes.com/us>.
21. Autodesk. – URL : <http://www.autodesk.ru/products/autocad-map-3d/overview>.
22. КБ «Панорама». – URL : <http://gisinfo.ru>.
23. Центр системных исследований ИНТЕГРО. – URL : <http://www.integro.ru>.
24. Csoft-terra. – URL : <http://www.csoft.ru/about/vendors/csoft-terra.html>.
25. Рекорд. – URL : <http://rekod.ru>.
26. Политерм. – URL : <https://www.politerm.com>.
27. Геокад. Информационные программные системы и технологии. – URL : <http://www.geocad.ru>.
28. Индорсофт. – URL : <http://www.indorsoft.ru>.
29. Компания «Кредо-диалог». – URL : <http://www.credo-dialogue.com>.
30. CPS. Центр программ и систем. – URL : <http://www.1cps.ru>.
31. Сканэкс. – URL : <http://new.scanex.ru>.
32. Osgeo. – URL : <http://www.osgeo.org>.

*Andrey A. Nikitchin,
Nicolay A. Bogdanov*
Engineering geodesy' chair
Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university

Vladimir S. Rybkyn
«Automation and telemechanics on railroads»
Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university

**The analysis of the existing software systems with the purpose
of building a geographic information control system
of JSC «Russian Railways» departments**

The possibility of application of a geographic information system with a decision support system was considered, in order to improve the effectiveness of resource utilization, performance optimization, connected with device maintenance in the departments of JSC «Russian Railways» infrastructure's management. The analysis of applied flow diagrams of internal components interworking organization was carried out, as well as the software analysis of the most commonly used geographic informational systems in order to choose an optimal structure. The requirements for the introduced geographic information system and decision support system were developed, meeting the realia of JSC «Russian Railways» functioning. According to the results of the conducted analysis, the structure of components' interworking of a geographic informational system with related ACS and TDM was built. Layer composition as well as the list of tasks for solution was specified.

geographic informational system; decision support system; management of infrastructure; «Russian Railways» monitoring system

References

1. Matveev S.I., Kougiya V.A. (2005). High precision digital track models and satellite navigation of railway transport, monograph [Vysokotochnye cifrovye modeli puti i sputnikovaya navigaciya zheleznodorozhnogo transporta, monografiya.]. Moscow, Route [Marshrut]. – 290 p.
2. Gapanovich V.A. (2015). In a single high-precision coordinate space [V edinom vysokotochnom koordinatnom prostranstve]. Railways Transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 11. – Pp. 16–20.
3. Vorob'yov V.B., Ermakov V.M. (2015). Implementing innovative approaches and technologies [Realizuya innovacionnye podhody i tekhnologii]. Railways transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 11. – Pp. 21–23.
4. Gel'fgat A. G., Gajdukov V.D., Vol'fson D.A., Manojlo D. S. (2015). Topographic and geodetic support using GLONASS [Topografo-geodezicheskoe obespecheniya

- s ispol'zovaniem GLONASS]. Railways Transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 11. – Pp. 24–26.
5. Rodomanchenko M. G., Al'himovich A. A., Manojlo D. S., Portnov A. V. (2015). Engineering survey and design of VCS [Inzhenernye izyskaniya i proektirovanie VKS]. Railways transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 11. – Pp. 27–29.
 6. Chernogorov Yu. A., Biryuzov V. P., Lisicyn A. I., Ermakov E. V. (2015). Diagnostics of infrastructure facilities using KSPD IZHT [Diagnostika ob'ektov infrastruktury s primeneniem KSPD IZHT]. Railways transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 11. – Pp. 30–32.
 7. Boreckij A. A., Pimenov I. Ya., Ermakov V. M., Duhin S. V., Nujkin A. V. (2015). Features of innovative modernization technology пути [Osobennosti innovacionnoj tekhnologii modernizacii puti]. Railways transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 11. – Pp. 33–35.
 8. Tanaev V. F., Dorot E. V., Shevcov E. A., Popov O. Yu. (2015). Pilot project on the October railway [Pilotnyj proekt na oktyabr'skoj zheleznoj doroge]. Railways transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 11. – Pp. 36–39.
 9. Tyaglov R. S., Yanovich O. A., Fomin N. P., Lukin I. N., Petrushin A. V. (2015). Solution of applied problems of the infrastructure complex [Reshenie prikladnyh zadach infrastruktornogo kompleksa]. Railways transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 11. – Pp. 40–42.
 10. Nazarov A. S., Vol'fson D. A., Al'tshuler B. Sh., Sazonov N. V. (2015). Native provision of coordinate methods [Nativnoe obespechenie koordinatnyh metodov]. Railways transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 11. – Pp. 43–44.
 11. NUK3. URL: <http://nku3.ru/1-kurs/geograficheskaja-informacionnaja-sistema>.
 12. Rotenberg I. N., Toni O. V., Cvetkov V. Ya. (2010). Integrated rail management system using satellite technologies [Integriruvannaya sistema upravleniya zheleznoj dorogoj primeneniem sputnikovyh tekhnologij]. Transport of Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 6. – Pp. 54–57.
 13. VNIAS. Control and monitoring of transport facilities for various purposes with the use of satellite navigation systems, digital communication and remote sensing systems [VNIAS. Upravlenie i kontrol' transportnyh sredstv razlichnogo naznacheniya s primeneniem sputnikovyh navigacionnyh sistem, sistem cifrovoj svyazi i distancionnogo zondirovaniya]. URL: <http://www.vnias.ru/control-and-supervision-of-various-vehicles>.
 14. Student scientific forum [Studencheskij nauchnyj forum]. URL: <http://www.scienceforum.ru/2015/pdf/13879.pdf>.
 15. Iodis V. Ya. (2015). JAVAD deformation monitoring system GNSS [Sistema monitoringa deformatsij kompanii JAVAD GNSS]. GeoProfi [Geoprofi], issue 3. – Pp. 4–8.
 16. Brusilo V. A. (2015). Integrated sectoral geographic information system of highways «DORGIS» [Kompleksnaya otraslevaya geoinformacionnaya sistema avtomobil'nyh dorog «DORGIS»]. GeoProfi [Geoprofi], issue 3. – Pp. 9–13.
 17. Esri CIS. URL: <https://www.esri-cis.ru>.
 18. Bentley. URL: <https://www.bentley.com/ru>.
 19. Hexagon. URL: <http://www.intergraph.com/global/ru>.
 20. Pitneybowes. URL: <http://www.pitneybowes.com/us>.

21. Autodesk. URL: <http://www.autodesk.ru/products/autocad-map-3d/overview>.
22. KB «Panorama» [KB Panorama]. URL: <http://gisinfo.ru>.
23. Center for System Studies INTEGRO [Centr sistemnyh issledovaniy INTEGRO]. URL: <http://www.integro.ru>.
24. Csoft-terra. URL: <http://www.csoft.ru/about/vendors/csoft-terra.html>.
25. Record [Rekord]. URL: <http://rekod.ru>.
26. Polytherm [Politerm]. URL: <https://www.politerm.com>.
27. Geocad [Geokad]. Information software systems and technologies [Informacionnye programmnye sistemy i tekhnologii]. URL: <http://www.geocad.ru>.
28. Indorsoft [Indorsoft]. URL: <http://www.indorsoft.ru>.
29. Company «Credo-dialogue» [Kompaniya «Kredo-dialogue»]. URL: <http://www.credo-dialogue.com>.
30. CPS. Center of programs and systems [CPS. Centr programm i sistem]. URL: <http://www.1cps.ru>.
31. Skanex [Skanehks]. URL: <http://new.scanex.ru>.
32. Osgeo. URL: <http://www.osgeo.org>.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии С. А. Никищенковым
Поступила в редакцию 21.06.2017, принята к публикации 18.08.2017*

НИКИТЧИН Андрей Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная геодезия» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: anikitchin@gmail.com

БОГДАНОВ Николай Александрович – ассистент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах», аспирант кафедры «Инженерная геодезия» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: nabogdanov85@gmail.com

РЫБКИН Владимир Сергеевич – студент группы АТ-108 факультета безотрывных форм обучения Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: rsvwork@gmail.com

© Никитчин А. А., Богданов Н. А., Рыбкин В. С., 2017