

О разработке информационной системы грузоперевозок ОАО «РЖД» на основе безопасной интеграции приложений

к.т.н. С. В. Пугачев, д.т.н. А. Д. Хомоненко, Ф. А. Ярмолинский

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
Санкт-Петербург, Россия

nki-pugachev@ya.ru, khomon@mail.ru, feodor1999@mail.ru

Аннотация. В настоящее время разработка информационных систем в интересах ОАО «РЖД», как правило, опирается на безопасную интеграцию современных инструментальных систем, таких как системы управления базами данных, системы программирования, системы бизнес-аналитики и т. п. При выборе инструментальных средств учитывается их доступность, а также соглашения с ведущими разработчиками в ИТ-отрасли. В статье обоснован выбор инструментальных средств для разработки информационной системы грузоперевозок ОАО «РЖД» на основе безопасной интеграции системы управления базами данных Postgres Pro и системы бизнес-аналитики Loginom с учетом следующих факторов: импортозамещение, скорость выполнения приложений, возможность работы с большими данными, наличие договорных отношений между компаниями, наличие данных тестирования используемых приложений. Дается обоснование структурной схемы информационной системы, а также ее архитектура с описанием интеграции компонентов.

Ключевые слова: импортозамещение, Postgres Pro, Loginom, интеграция приложений, СУБД, бизнес-аналитика, информационная система.

ВВЕДЕНИЕ

При разработке информационных систем прикладную составляющую целесообразно готовить с помощью систем управления базами данных (СУБД), объединяя ее с возможностями организации диалога и обеспечения информационной безопасности с помощью программ на языках высокого уровня. При этом необходимо учитывать не только характеристики современных СУБД, систем программирования, систем анализа и обработки данных, но и проводимую в настоящее время в ОАО «РЖД» и в государстве политику импортозамещения, а также стратегические планы ОАО «РЖД» и оформленные ею долгосрочные соглашения с ведущими разработчиками в ИТ-отрасли.

В частности, ОАО «РЖД» подписало трехлетнее соглашение [1], предоставляющее возможность неограниченного использования лицензий СУБД Postgres Pro. Это позволит компании активно развивать цифровые сервисы, в основе которых лежат постоянно растущие объемы данных, продолжить реализацию политики импортозамещения, направленную на достижение технологической независимости.

В ОАО «РЖД» проведено комплексное функциональное и нагрузочное тестирование различных СУБД и выбор был остановлен на решении Postgres Pro компании Postgres Professional [2]. Тестирование показало способность этого программного обеспечения поддерживать задачи любой

сложности с нужной производительностью и в полном объеме. Переход на эту СУБД соответствует плану мероприятий ОАО «РЖД», направленных на преимущественное использование отечественного программного обеспечения по всем используемым в компании классам. По мнению руководства компании Postgres Professional, соглашение поможет ОАО «РЖД» решить задачи по надежной и безопасной работе с данными.

В числе СУБД отечественного производства подобного класса можно назвать также Greenplum [3]. Это open-source продукт, массивно-параллельная реляционная СУБД для хранилищ данных с гибкой горизонтальной масштабируемостью и столбцовым хранением данных на основе PostgreSQL. Благодаря своим архитектурным особенностям и мощному оптимизатору запросов, Greenplum отличается особой надежностью и высокой скоростью обработки SQL-запросов над большими объемами данных, поэтому эта MPP-СУБД широко применяется для аналитики Big Data в промышленных масштабах.

При разработке современных информационных систем и систем поддержки принятия решений важную роль играет использование современных решений в области аналитической обработки данных. В этой связи следует отметить то обстоятельство, что компания Postgres Professional, разработчик отечественных СУБД, и Loginom Company, российский разработчик решений в области аналитики данных заключили соглашение о технологическом партнерстве. Сотрудничество направлено на обеспечение совместимости продуктов и позволит предлагать комплексное решение по хранению, обработке и анализу данных, включающее функционал флагманских продуктов компаний — СУБД Postgres Pro и аналитической Low-code платформы Loginom [4].

Low-code development — концепция, предполагающая возможность модифицировать, адаптировать и развивать систему непосредственно в ходе «боевой» эксплуатации с минимумом кодирования и максимумом визуальной разработки. Low-code решает главную проблему цифровизации — ускорение цикла от бизнес-потребности до работающего бизнес-процесса.

Линейка СУБД Postgres Pro входит в Единый реестр российского программного обеспечения (ПО), подходит для целей импортозамещения. Промышленная СУБД Postgres Pro Enterprise разработана для высоконагруженных систем, позволяет работать с базами данных большого объема и повышенными требованиями к производительности и надежности, сертифицирована по требованиям ФСТЭК России.

Аналитическая Low-code платформа Loginom позволяет настроить все процессы анализа больших объемов данных: интеграцию, подготовку, моделирование и визуализацию. Готовые интеграционные адаптеры к более чем двадцати источникам данных дают возможность решению легко встраиваться в IT-ландшафт любой сложности. Кроме того, Loginom реализует все аналитические процессы и методы: от простейших формул до машинного обучения.

В статьях [5–7] проведен сравнительный анализ ряда отечественных решений в области аналитической обработки данных и сделан общий положительный вывод в пользу продукта компании Loginom. В частности, в [5] отмечается: «...При детальном сравнении Loginom выигрывает у Deductor. Так как у Loginom несколько больше список функций, что является плюсом. Deductor в некоторых функциях, таких как визуализация, позволяет сделать больше, но в некоторых функциях, как администрирование, он усложнен лишними действиями. Большим плюсом для Loginom является возможность проектирования сценариев снизу вверх, что сильно расширяет его возможности. Deductor поддерживается на операционной системе Windows, Loginom представляет из себя веб-приложение, что позволяет ему не зависеть от операционной системы».

Безопасность информационной системы, создаваемой путем интеграции средств СУБД и бизнес аналитики, определяется безопасностью СУБД. Следует отметить, что СУБД Postgres Pro Enterprise имеет сертификат ФСТЭК, входит в Единый реестр Минкомсвязи, совместима со средством криптографической защиты информации (СКЗИ) «Крипто БД 2.0», включает поддержку расширенного управления доступом, в том числе на уровне отдельных записей. Хранение контрольных сумм в файлах и блоках, а также контроль файлов базы данных снижают риск искажения информации. Использование SHA2 (семейство хеш-функций) повышает надежность хранения хешей паролей. Сжатие данных затрудняет несанкционированный доступ к информации на диске. Контроль времени активности сессий снижает риск использования соединений для несанкционированного доступа.

По сравнению со средствами защиты информации, встроенными в СУБД, система «Крипто БД» имеет следующие преимущества:

- возможность выборочного шифрования отдельных столбцов в таблицах СУБД, что позволяет не снижать производительность всей базы данных;
- возможность реализации усиленной аутентификации пользователей для доступа к защищенным данным с использованием USB-токенов или смарт-карт;
- возможность ведения аудита и мониторинга событий доступа к зашифрованным данным;
- наличие средств гибкого централизованного управления ключами шифрования, исключающих возможные несанкционированные действия администраторов БД;
- простота внедрения в существующие информационные системы без необходимости внесения изменений в программный код.

АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

На сегодняшний день трудно представить управление процессом грузоперевозки между заказчиком и отправителем без единой информационной системы слежения. Важным требованием со стороны клиентов является автоматизация процесса сбора и анализа информации для реализации повышения качества управления процессом перевозки грузов.

Одним из ключевых требований к структуре грузоперевозок является создание необходимых условий для согласования бизнес-процессов производства и потребления по всей железной дороге страны. Для этого необходима конкретизация информации с целью повышения качества обслуживания. Автоматизация поиска и обработки информации позволяет реагировать должным образом на требования клиентов. Единая информационная система отслеживания процесса грузоперевозок позволяет получать необходимую информацию с предоставлением данных для контроля, слежения и регулирования доставки грузов по всей стране и за ее пределами. Система должна хранить в таблицах базы данных информацию о грузоперевозках, вагонах, картотеке и ремонтах.

Идея создания информационной системы для пользователей услуг железнодорожного транспорта в сфере грузоперевозок не новая. Еще в 80-е годы в СССР развивалось программное обеспечение информационных систем на железнодорожном транспорте. Была разработана автоматизированная система организации (оперативного) управления перевозочным процессом (АСОУП), входящая в состав автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом (АСУЖТ), схожая с нынешними системами информирования пользователей услуг железнодорожного транспорта [8].

Современные автоматизированные информационные системы (АИС) сочетают в себе комплекс технического (аппаратного) и программного обеспечения, а также персонал. В состав АИС входят средства:

- сбора информации, регистрации и подготовки;
- обработки информации;
- выдачи и отображения [9, 10].

Возможности, предоставляемые АИС, способствуют сокращению времени, потраченного на работу с информацией, и осуществлению оперативного реагирования на просьбы и пожелания клиентов. Поэтому необходимо оптимизировать цену и качество обрабатываемой информации разрабатываемой системы.

Система отслеживания процесса грузоперевозок разрабатывается для географической области, включающей все железнодорожные пути на территории России, по заказу ООО «ИЦС-УК».

Система предназначена для клиентов железнодорожного транспорта в сфере грузоперевозок:

- грузоотправителей, грузополучателей, плательщиков;
- операторов вагонного парка: собственников, арендаторов, операторов по доверенности.

Информационными объектами являются:

- сеть РЖД со станциями, участками и подъездные пути предприятий, и сами предприятия;
- поезда, вагоны и грузы;
- клиенты (пользователи услуг).

Информационные источники представлены:

- железнодорожной системой АСОУП (автоматизированная система оперативного управления перевозками) содержащей:

- 1) поездную модель (ключ — индекс поезда), которая определяет: оперативное состояние, дислокацию, назначения следования и состав поездов, а также историю их продвижения;

- 2) вагонную модель (ключ — номер вагона), которая охватывает: оперативное состояние, дислокацию, назначения следования, груз, паспортные и эксплуатационные данные, детали и узлы, сведения о ремонтах и историю деятельности вагона;

- железнодорожной системой «Этран» (электронная транспортная накладная), содержащей:

- 1) отправочную модель (ключ — номер накладной (отправки)), охватывающую за длительный период все сведения о грузе, средствах и сроках доставки, грузоотправителе, грузополучателе, плательщике, хронологию ее зарождения, продвижения и завершения существования на полигоне РЖД;

- 2) заявки на грузоперевозки (ключ — номер заявки), определяющих на период (до месяца) планируемые грузоперевозки;

- 3) нормативно-справочные данные;

- 4) справочники станций, грузов, операций, предприятий;

- 5) роды, типы и модели вагонов;

- 6) план формирования, нормы продвижения, погрузки/выгрузки, доставки, ремонтов;

- 7) персонализации клиентов, содержащие списки вагонов, решающих станций, предприятий и лицевых счетов.

Грузоперевозка характеризуется номером накладной заключения контракта, временем и датой отправления груза, средством доставки (вагоны/контейнеры), наименованием перевозимого груза, количеством вагонов, грузоотправителем, грузополучателем, станцией назначения, станцией отправления, дорогой, по которой осуществляется доставка, индексом поезда, номером поезда, расстоянием (километражем), номерами вагонов, их моделью и весом, а также операцией с вагонами, станцией операции, датой и временем операции, ОКПО собственника, ОКПО арендатора [10].

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Ранее упоминалось про взаимодействие с другими системами и получением внешних данных от них, поэтому принято решение построить структурную схему системы отслеживания грузоперевозок. Эта структурная схема представлена на рисунке 1 и отражает интенсивный обмен данными между разрабатываемой информационной системой и сторонними подсистемами.

Разрабатываемая АИС будет располагаться на сервере ООО «ИЦС-УК», который по шлюзу сети будет обмениваться информацией между другими серверами предприятия с установленными на них СУБД PostgreSQL. Данные в систему будут передаваться в виде файла структуры таблиц базы данных.

Для контроля и выдачи информации об осуществленных ремонтах, станциях, предназначенных для ремонта и эксплуатации вагонов, предназначена АСУ «Депо», расположенная на сервере Санкт-Петербургского ИВЦ, взаимодействие с которой осуществляется путем передачи информации между серверами.



Рис. 1. Структурная схема АИС

Для согласования отправок, заключения договоров, передачи информации о подходе состава к станциям или предприятиям предназначено АРМ оператора железной дороги, взаимодействие с которым осуществляется путем передачи сообщений через средства гарантированной доставки MQSeries.

Кроме непростой организации взаимодействия со сторонними системами, необходимо информировать всех пользователей, поэтому задача интеграции различных приложений становится основной при реализации конечной системы.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

С ОПИСАНИЕМ ИНТЕГРАЦИИ КОМПОНЕНТОВ

С учетом современных тенденций принято решение, что разрабатываемая система будет представлять собой многоуровневую архитектуру. Отметим, в частности, что, как показано в статье [11], в целях соблюдения постановлений Правительства, согласно плану перехода на российское ПО, установленные зарубежные СУБД Microsoft SQL Server 2016 можно заменить на отечественные PostgreSQL Enterprise. Такой переход повысит уровень независимости информационных ресурсов и, как следствие, укрепит информационную безопасность государства.

С учетом отмеченного, в рамках статьи спроектирован прототип системы на базе платформы СУБД Postgre Pro, которая включает в себя все компоненты многоуровневой архитектуры. Это предоставляет возможность относительно легко строить интеграции между компонентами, написанными на разных языках, запускаемыми на разных операционных системах и платформах. Помимо этого, за счет интегрированных во многие IDE средств и компонентов, достигается простота и скорость разработки приложения с минимумом кода.

В процессе разработки структуры базы данных проведено инфологическое и даталогическое моделирование.

ИНФОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Первый этап процесса проектирования базы данных определяется как этап концептуального или инфологического проектирования. Он заключается в создании концептуальной инфологической модели данных анализируемой предметной области.

На основании анализа предметной области можно выделить следующие сущности:

- заявки;
- отправки;
- вагонная модель (включая дислокацию);
- картотека (включая паспортные, технические и эксплуатационные данные);
- ремонты вагонов.

По заявке, полученной из автоматизированной системы «Этран», формируются отправки, из которых берутся сведения по оперативному состоянию вагонов. Вагоны могут иметь более одного состояния, меняющееся пройденное расстояние, информацию о которых необходимо хранить в системе. Из оперативного состояния вагона берутся паспортные и технические данные, хранящиеся в картотеке.

По каждому вагону хранится информация о произведенных ремонтах.

Для построения инфологической модели использовалась концепция ER-модели («сущность — связь»). Инфологическая модель, построенная на основе описания предметной области информационной системы, представлена на рисунке 2.

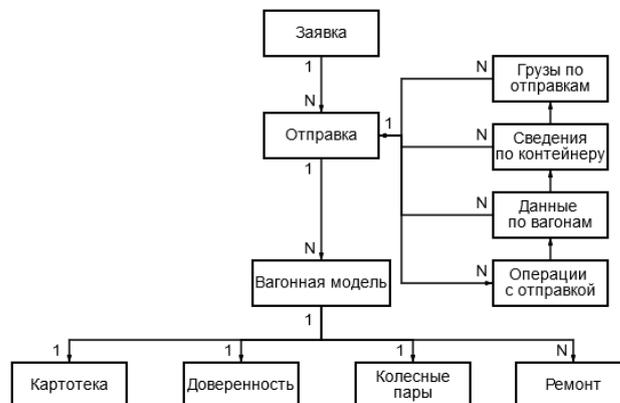


Рис. 2. Инфологическая модель информационной системы

По инфологической модели строится описание, отражающее логические связи между элементами данных, учитывая особенности выбранной модели организации данных СУБД, называемое даталогическим моделированием.

ДАТАЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Следующим этапом разработки БД стало построение даталогической модели ИС, представленной на рисунке 3.

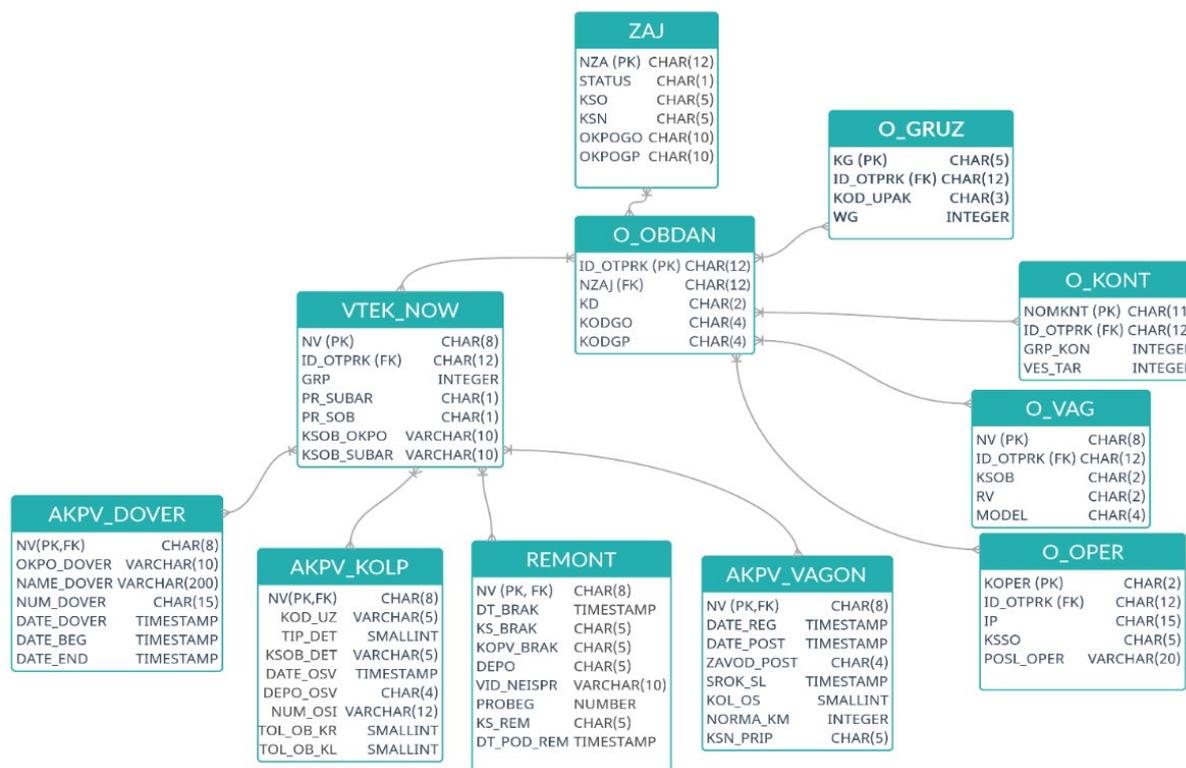


Рис. 3. Даталогическая модель БД

Таблица «Заявка» содержит данные о полученных заявках. Таблица «Отправка» содержит данные о сформированных отправлениях. Таблица «Вагонная модель» содержит данные о вагонной модели. Таблица «Картотека» содержит карточечные данные. Таблица «Доверенность» содержит данные о доверенности. Таблица «Колесные пары» содержит данные о колесных парах. Таблица «Ремонт» содержит данные о ремонте. Таблица «Грузы по отправлениям» содержит данные об отправленных грузах. Таблица «Сведения по контейнеру» содержит данные о вагонах-контейнерах. Таблица «Данные по вагонам» содержит данные по вагонам. Таблица «Операции с отправкой» содержит данные об операциях с отправлениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выбора инструментальных средств, инфологического и даталогического моделирования являются основой для разработки прототипа базы данных и приложения автоматизированной информационной системы отслеживания процесса грузоперевозок на основе безопасной интеграции системы управления базами данных Postgres Pro и системы бизнес-аналитики Loginom с учетом указанных выше факторов.

Тем самым может быть достигнута цель повышения качества процесса грузоперевозок. Автоматизация поиска информации (средствами СУБД) и обработки информации (с помощью средств системы бизнес-аналитики Loginom) позволят реагировать должным образом на требования клиентов. Дальнейшие исследования, на наш взгляд, целесообразно продолжить в направлениях отработки технологий практического применения указанных инструментальных платформ, свободно распространяемых средств [12, 13], а также других конкурентных платформ российского производства, например, СУБД Greenplum [14] при решении задач аналитической обработки больших объемов данных, в частности классификации изображений с помощью глубокого обучения, и, кроме того, в направлениях решения различных научно-практических задач на железнодорожном транспорте [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. РЖД перейдет на СУБД Postgres Pro // Ежедневный онлайн-журнал Content Review. — 2022. — 03 апреля. URL: <http://www.content-review.com/articles/55153> (дата обращения 10.03.2023).
2. Postgres Professional. О компании // Postgres Pro. URL: <http://postgrespro.ru/about> (дата обращения 10.03.2023).
3. Massively Parallel Postgres for Analytics // Greenplum Database. URL: <http://greenplum.org> (дата обращения 10.03.2023).
4. Аналитическая платформа Loginom // Loginom. URL: <http://loginom.ru> (дата обращения 10.03.2023).
5. Ткаченко, А. Л. Применение программных продуктов в сфере бизнес аналитики / А. Л. Ткаченко, В. И. Кузнецова, Г. В. Заплатин // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2021. № 3 (16). С. 26–32.
6. Ткаченко, А. Л. Анализ системы поддержки принятия решений на базе платформы Loginom / А. Л. Ткаченко,

В. Г. Егоров // Калужский экономический вестник. 2021. № 4. С. 50–53.

7. Paklin, N. B. Using Loginom Low-Code Platform for the Modeling of LTV Site Subscriber / N. B. Paklin, I. A. Katsko, E. V. Kremyanskaya // System Analysis in Engineering and Control (SAEC 2021): Proceedings of the International Conference (St. Petersburg, Russia, 13–14 October 2021). — Cham: Springer Nature, 2022. — Pp. 461–472. — (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 442). DOI: 10.1007/978-3-030-98832-6_41.

8. Из истории информатизации железнодорожного транспорта в России // СЦБИСТ — железнодорожный форум. — Обновлено 28.10.2014. URL: <http://scbist.com/wiki/38267-iz-istorii-informatizacii-zheleznodorozhnogo-transporta-rossii.html> (дата обращения 06.12.2020).

9. Денега, А. О. Автоматизированные системы управления // Справочник. — 2017. — 02 июня. URL: http://spravochnik.ru/informacionnye_tehnologii/setevye_informacionnye_sistemy/avtomatizirovannye_sistemy_upravleniya (дата обращения 06.12.2020).

10. РЖД: структура, грузоперевозки и их виды // Транспортная компания «Вера-1». URL: http://www.vera-1.ru/articles/rjd_gruzoperevozki (дата обращения 06.12.2020).

11. Бажанова, С. В. Независимость информационных ресурсов как элемент информационной безопасности государства / С. В. Бажанова, Н. А. Сырямина // Вестник Волжского университета имени В. Н. Татищева. 2019. № 3 (44), Т. 2. С. 5–12.

12. Integration of Big Data Processing Tools and Neural Networks for Image Classification / N. E. Kosykh, A. D. Khomonenko, A. P. Bochkov, A. V. Kikot // Proceedings of Models and Methods of Information Systems Research Workshop in the frame of the Betancourt International Engineering Forum (MMISR 2019), (St. Petersburg, Russia, 04–05 December 2019). CEUR Workshop Proceedings. 2020. Vol. 2556. Pp. 52–58. DOI: 10.24412/1613-0073-2556-52-58.

13. Методы и модели исследования сложных систем и обработки больших данных: Монография / И. Ю. Парамонов, В. А. Смагин, Н. Е. Косых, А. Д. Хомоненко; под ред. В. А. Смагина, А. Д. Хомоненко. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 236 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

14. Image Classification in Greenplum Database Using Deep Learning // O. R. Albertini, D. Bhargov, A. Denissov, [et al.]. — 4 p. URL: <http://s3.amazonaws.com/greenplum.org/wp-content/uploads/2020/05/12170349/Image-Classification-in-Greenplum.pdf> (дата обращения 10.03.2023).

15. Vasilenko, M. N. Synthesis of Safety Functions for Railway Automation and Telemechanics Systems / M. N. Vasilenko, P. A. Vasilenko, V. A. Hodakovskij // Proceedings of the Workshop «Models and Methods for Researching Information Systems in Transport 2020» on the basis of the departments «Information and Computer Systems» and «Higher Mathematics» (MMRIST 2020) (St. Petersburg, Russia, 11–12 December 2020). CEUR Workshop Proceedings. 2021. Vol. 2803. Pp. 160–165. DOI: 10.24412/1613-0073-2803-160-165.

On the Development of an Information System for Cargo Transportation of JSC Russian Railways Based on Secure Application Integration

PhD S. V. Pugachev, Grand PhD A. D. Khomonenko, F. A. Yarmolinsky
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
Saint Petersburg, Russia
nki-pugachev@ya.ru, khomon@mail.ru, feodor1999@mail.ru

Abstract. Currently, the development of information systems in the interests of Russian Railways, as a rule, relies on the secure integration of modern tool systems, such as database management systems, programming systems, business intelligence systems, etc. When choosing tools, their availability is taken into account, as well as agreements with leading developers in the IT industry. The article substantiates the choice of tools for the development of the cargo transportation information system of JSC Russian Railways based on the secure integration of the Postgres Pro database management system and the Loginom business intelligence system, taking into account the following factors: import substitution, application execution speed, the ability to work with big data, the existence of contractual relations between companies, the availability of testing data used applications. The substantiation of the structural scheme of the information system is given, as well as its architecture with a description of the integration of components.

Keywords: import substitution, Postgres Pro, Loginom, application integration, DBMS, business analytics, information system.

REFERENCES

1. Russian Railways will switch to Postgres Pro DBMS [RZhD pereydet na SUBD Postgres Pro], *Content Review Daily Online Magazine [Ezhednevnyy onlayn-zhurnal Content Review]*. Published online at April 03, 2022. Available at: <http://www.content-review.com/articles/55153> (accessed 10 Mar 2023).
2. Postgres Professional. About company [Postgres Professional. O kompanii], *Postgres Pro*. Available at: <http://postgrespro.ru/about> (accessed 10 Mar 2023).
3. Massively Parallel Postgres for Analytics, *Greenplum Database*. Available at: <http://greenplum.org> (accessed 10 Mar 2023).
4. Loginom Analytical Platform [Analiticheskaya platforma Loginom], *Loginom*. Available at: <http://loginom.ru> (accessed 10 Mar 2023).
5. Tkachenko A. L., Kuznetsova V. I., Zaplatin G. V. Application of Software Products in the Field of Business Analytics [Primenenie programmnykh produktov v sfere biznes analitiki], *Information Technology [Informatsionnye tekhnologii. Problemy i resheniya]*, 2021, No. 3 (16), Pp. 26–32.
6. Tkachenko A. L., Egorov V. G. Analysis of the Decision Support System Based on the Loginom Platform [Analiz sistemy podderzhki prinyatiya resheniy na baze platformy Loginom], *Kaluga Economic Bulletin [Kaluzhskiy ekonomicheskii vestnik]*, 2021, No. 4, Pp. 50–53.
7. Paklin N. B., Katsko I. A., Kremlyanskaya E. V. Using Loginom Low-Code Platform for the Modeling of LTV Site Subscriber, *System Analysis in Engineering and Control (SAEC 2021): Proceedings of the International Conference, St. Petersburg, Russia, 13–14 October 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, Vol. 442. Cham, Springer Nature, 2022, Pp. 461–472. DOI: 10.1007/978-3-030-98832-6_41.
8. From the history of informatization of railway transport in Russia [Iz istorii informatizatsii zheleznodorozhnogo transporta v Rossii], *SCBIST — Railway Forum [STsBIST — zheleznodorozhnyy forum]*. Last update at October 28, 2014. Available at: <http://scbist.com/wiki/38267-iz-istorii-informatizatsii-zheleznodorozhnogo-transporta-rossii.html> (accessed 06 Dec 2020).
9. Denega A. O. Automated control systems [Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya], *Spravochnik*. Published online at June 02, 2017. Available at: http://spravochnik.ru/informacionnye_tehnologii/setevye_informacionnye_sistemy/avtomatizirovannyye_sistemy_upravleniya (accessed 06 Dec 2020).
10. Russian Railways: structure, cargo transportation and their types [RZhD: struktura, gruzoperevozki i ikh vidy], *Vera-1 Transport Company [Transportnaya kompaniya «Vera-1»]*. Available at: http://www.vera-1.ru/articles/tjd_gruzoperevozki (accessed 06 Dec 2020).
11. Bazhanova S. V., Syryamina N. A. Independence of Information Resources as an Element of Information Security of the State [Nezavisimost informatsionnykh resursov kak element informatsionnoy bezopasnosti gosudarstva], *Vestnik of Volzhsky University Named After V. N. Tatishchev [Vestnik Volzhskogo universiteta imeni V. N. Tatishcheva]*, 2019, No. 3 (44), Vol. 2, Pp. 5–12.
12. Kosykh N. E., Khomonenko A. D., Bochkov A. P., Kikot A. V. Integration of Big Data Processing Tools and Neural Networks for Image Classification, *Proceedings of Models and Methods of Information Systems Research Workshop in the frame of the Betancourt International Engineering Forum (MMISR 2019), St. Petersburg, Russia, December 04–05, 2019. CEUR Workshop Proceedings*, 2020, Vol. 2556, Pp. 52–58. DOI: 10.24412/1613-0073-2556-52-58.
13. Paramonov I. Yu., Smagin V. A., Kosykh N. E., Khomonenko A. D. Methods and models for the study of complex systems and Big Data processing: Monograph [Metody i modeli issledovaniya slozhnykh sistem i obrabotki bol'shikh dannykh: Monografiya]. St. Petersburg, LAN Publishing House, 2020, 236 p.
14. Albertini O. R., Bhargov D., Denisov A., et al. Image Classification in Greenplum Database Using Deep Learning, 4 p. Available at: <http://s3.amazonaws.com/greenplum.org/wp-content/uploads/2020/05/12170349/Image-Classification-in-Greenplum.pdf> (accessed 10 Mar 2023).
15. Vasilenko M. N., Vasilenko P. A., Hodakovskij V. A. Synthesis of Safety Functions for Railway Automation and Telemechanics Systems, *Proceedings of the Workshop «Models and Methods for Researching Information Systems in Transport 2020» on the basis of the departments «Information and Computer Systems» and «Higher Mathematics» (MMRIST 2020), St. Petersburg, Russia, December 11–12, 2020. CEUR Workshop Proceedings*, 2021, Vol. 2803, Pp. 160–165. DOI: 10.24412/1613-0073-2803-160-165.