

УДК 656.073

Совершенствование грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте: концепция и инструментарий

Ф. А. Смирнов, А. В. Новичихин, К. Е. Ковалев

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Смирнов Ф. А., Новичихин А. В., Ковалев К. Е. Совершенствование грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте: концепция и инструментарий // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 2. — С. 302–313. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-302-313

Аннотация

Цель: В статье предложено решение проблемы низкой эффективности грузовой и коммерческой работы на железнодорожных станциях с небольшим объемом погрузки. Рассмотрены цели и задачи национального проекта «Цифровая экономика» и программы «Цифровая железная дорога». Обозначены методы совершенствования грузовой и коммерческой работы, применяемые в настоящее время на железнодорожном транспорте для повышения производительности работы станций и увеличения объема работы без капитальных вложений в инфраструктуру. Сформирован перспективный алгоритм обработки вагонов по отправлению. Предложена концепция совершенствования технологии приема вагона к перевозке. Разработана интеллектуальная система приема вагонов к перевозке с помощью нейронной сети. Показаны результаты разработки программы для определения типов подвижного состава на избрании. **Методы:** Применяются методы анализа, синтеза и нейронных сетей, теория автоматического управления. **Результаты:** Предложено решение проблемы повышения эффективности технологии приема вагонов к перевозке на станциях с незначительными объемами погрузки. **Практическая значимость:** Внедрение разработанной интеллектуальной системы на железнодорожных станциях позволит повысить качество и скорость проведения коммерческого осмотра при приеме вагона к перевозке.

Ключевые слова: Нейронная сеть, автоматизация коммерческого осмотра, грузовая и коммерческая работа, цифровизация, грузоотправитель, перевозчик, управление перевозками.

Введение

В течение последних 20 лет объем погрузки грузов в компании ОАО «Российские железные дороги» находится на уровне 1200 млн т с незначительными колебаниями. Динамику можно увидеть на рис. 1, составленном на основании ежегодных финансовых отчетов компании [1]. При этом имеется тенденция к укрупнению погрузочных площадок и концентрации их в железнодорожных узлах, что предъявляет к инфраструктуре перевозчика более высокие требования. Одним из ключевых элементов перевозочного процесса

является грузовая и коммерческая работа. От качества ее организации зависит как безопасность движения, так и удовлетворенность клиентов железнодорожного транспорта.

Методы организации грузовой и коммерческой работы за последние годы существенно изменились, в основном благодаря внедрению автоматизированных систем как документального сопровождения перевозки, так и непосредственного выполнения определенных операций. Несмотря на значительное повышение производительности работы станции, ключевым фактором процесса

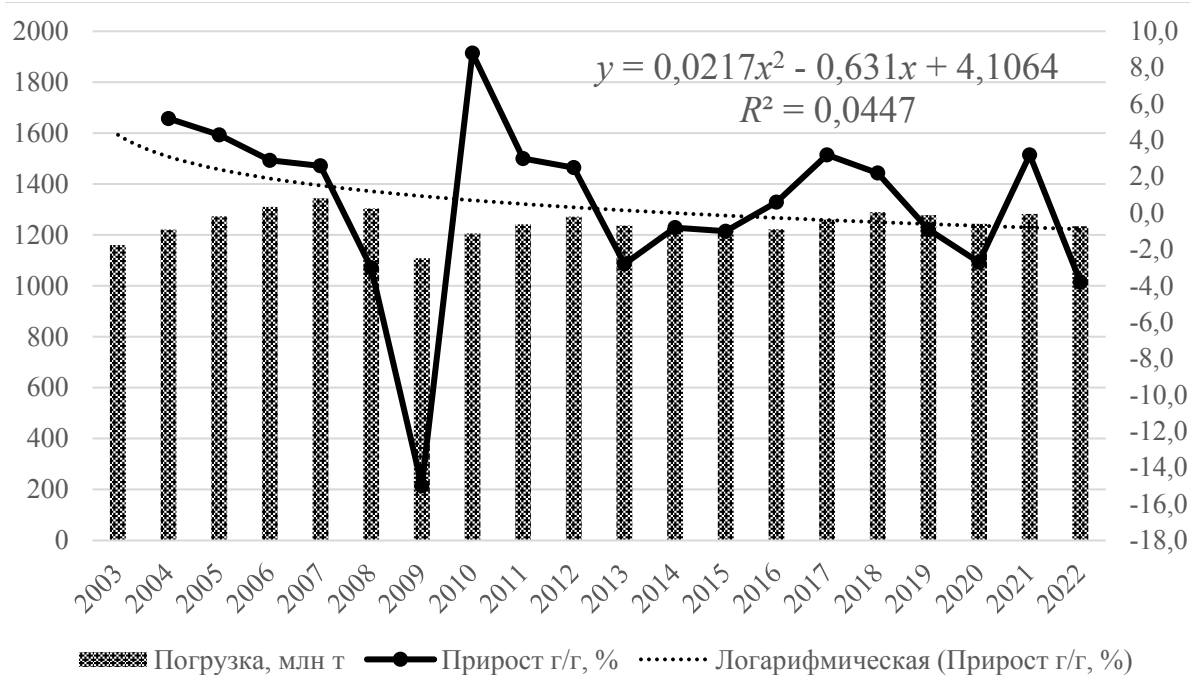


Рис. 1. Погрузка грузов в вагоны в компании ОАО «Российские железные дороги» в 2003–2022 гг.

остается человек. Именно он обрабатывает полученную из автоматизированных систем информацию и принимает конечное решение. Следующим шагом в области повышения качества грузовой и коммерческой работы должна стать цифровизация тех процессов, которые сегодня выполняет человек. Это можно достичь проектированием распределенной вычислительной системы с использованием нейронной сети.

Функция y описывает логарифмическую линию тренда ежегодного изменения погрузки. Расчеты свидетельствуют об уменьшении амплитуды колебаний показателей к 2022 году. Коэффициент достоверности аппроксимации R^2 показывает достоверность выполненных расчетов, в данном случае погрешность минимальна.

Грузовая и коммерческая работа

Неотъемлемой частью перевозочного процесса является грузовая и коммерческая работа, она обеспечивает выполнение необходимых начально-конечных операций на всех видах транспорта, организует взаимодействие видов транспорта в

местах их стыкования, а также перевозчиков с грузоотправителями и грузополучателями. На железнодорожном транспорте к области коммерческой работы относится контроль сохранности грузов и подвижного состава в пути следования.

От скорости и качества выполнения коммерческих операций зависит перерабатывающая способность станций и терминалов. Поэтому в первую очередь автоматизируют процессы, которые в большей степени зависят от человеческого фактора, — учет, контроль, внесение данных, статистика, отчетность и другие. Например, в области документооборота разработаны решения для грузоотправителей и грузополучателей, позволяющие создавать заявки и оплачивать услуги с одного АРМ через личные кабинеты автоматизированных систем, а также отслеживать местоположение груза и операции. Например, одним из перспективных инструментов является «Конструктор формирования услуг доставки грузов железнодорожным транспортом» [2]. Сервис предлагает гибкий подход в области оказания сопутствующих перевозке услуг.

В настоящее время в области грузовой и коммерческой работы наблюдаются интенсивные процессы по автоматизации и интеллектуализации. Темп изменений в транспортной отрасли задает национальный проект «Цифровая экономика», цели которого следующие:

- создание экосистемы цифровой экономики России, где цифровые данные являются основным носителем информации и ключевым фактором производства во всех отраслях;
- создание условий для развития институтов и инфраструктуры цифровых сервисов и цифровых данных;
- обеспечение конкурентоспособности российской экономики в условиях глобальной цифровизации [3].

В развитие национального проекта «Цифровая экономика» предлагается интеллектуальная система приема вагонов к перевозке, работа которой основана на технологии нейронных сетей. Задачи, решаемые этой системой, полностью коррелируют с приведенными выше целями, поэтому разработка имеет актуальность в настоящее время. Система станет ядром цифрового документооборота между перевозчиком и грузовладельцем. Она использует исключительно цифровые данные и не требует участия человека в их обработке.

Современные методы автоматизации грузовой и коммерческой работы

На железнодорожном транспорте для цифровизации актов-претензионной работы разработана система «ЕАСАПР М» («Единая автоматизированная система актов-претензионной работы»), которая реализует в себе функции по автоматическому формированию необходимых документов на основании данных, вводимых работниками, и учету операций, относящихся к грузовой и коммерческой работе. Также в ней реализована возможность подписания электрон-

ных документов причастными сторонами перевозочного процесса.

Автоматизированные системы перевозчиков — АС «Этран», «Дорожная информационная логистическая система» — и иных стейкхолдеров транспортного рынка постоянно увеличивают степень интегрированности, что, например, позволяет центрам управления перевозками на железнодорожном транспорте отслеживать время подхода судов в порты, а исходя из этого формировать необходимые судовые партии и подводить их на железнодорожные станции в нужное время. Что позволяет наиболее эффективно использовать мощности станционных и перегрузочных устройств, а также вместимость прифронтных складов.

Перевозчики на основании поданных заявок на перевозку грузов рассчитывают суточные объемы погрузки и планируют загрузку станционных устройств и эксплуатационную работу.

В области автоматизации работы транспортно-логистических терминалов применяются решения, которые позволяют вести учет прибывающих и отправляющихся контейнеров при движении подвижной единицы, через специальную рамку распознать номер контейнера и транспортного средства. Такие средства автоматизированного учета применяются на терминалах, где происходит стыкование автомобильного и железнодорожного транспорта, железнодорожного и водного, автомобильного и водного [4–6].

Предложенные решения в области автоматизации грузовой и коммерческой работы железнодорожных станций и логистических терминалов основаны на применении технологии нейронных сетей для распознавания и учета подвижного состава. В настоящее время решены задачи по распознаванию транспортных единиц в движении, инвентарных номеров и учету подвижного состава на объекте. Но такие системы

по-прежнему требуют участия человека при обработке информации и не представляют собой завершенной безлюдной технологии.

Предполагается, что следующими процессами, которые будут автоматизированы, являются прием груза к перевозке и выявление коммерческих неисправностей.

Рассмотрим отечественные разработки по автоматизации грузовой и коммерческой работы на железных дорогах России, ввиду того что 44 % всех коммерческих перевозок грузов приходится на железнодорожный транспорт [7].

В работе [8] рассматривается процесс автоматизации идентификации железнодорожных подвижных единиц с помощью гибридных нейронных моделей, базирующихся на методе автоматического распознавания инвентарных номеров вагонов и формировании базы данных устойчивых интегральных признаков, которые обобщают возможные индивидуальные конструктивные особенности, что в процессе эксплуатации позволяет обучить систему технического зрения распознавать всевозможные повреждения и восстанавливать искаженный номер при считывании.

На сетевых сортировочных станциях, крупных грузовых и в местах примыканий путей необщего пользования компаний с большой погрузкой установлены «Автоматизированные системы коммерческого осмотра поездов и вагонов» (далее — АСКО ПВ) и, где необходимо, «Автоматизированная система контроля инвентарных номеров вагонов» [4, 5].

С технической стороны результат работы АСКО ПВ — звуковой и визуальный контроль всех типов габарита погрузки и габарита подвижного состава; визуальный контроль подвижного состава в коммерческом отношении при прохождении в оборудованной следующими датчиками зоне: начала состава, счета вагонов, счета колесных пар, контроля габаритности погрузки, а также телекамеры с трех сторон вагона и кон-

троля запорно-пломбировочных устройств люков вагонов в реальном времени на экране оператора в режиме «ПОЛИЭКРАН» или полноэкранном режиме; формирование отчета о нарушениях габарита погрузки и подвижного состава; накопление видеоархива. Применение комплекса АСКО ПВ позволило автоматизировать процедуру проведения коммерческого осмотра по прибытии на станцию, то есть проведение коммерческого осмотра приемосдатчиками в парке не требуется, что позволяет сократить время обработки состава по прибытии, за счет чего увеличивается перерабатывающая способность станции [9, 10].

Стоит отметить, что установка комплекса рентабельна в основном на сетевых сортировочных станциях из-за высокой стоимости. Это делает невозможным его применение на грузовых станциях, где осуществляются начально-конечные операции с вагонами: погрузка и выгрузка. А управление работой комплекса, обработка полученной информации и принятие решений осуществляется работником.

Приведенные выше системы автоматизации коммерческого осмотра, несмотря на высокое качество получаемого изображения и беспристрастность в контроле нарушения габарита подвижного состава, по-прежнему требуют участия человека, и окончательное решение о допуске подвижного состава к движению принимает человек, хоть и основываясь на материалах, полученных с автоматизированных систем.

Развитие интеллектуальных систем в области грузовой и коммерческой работы в полной мере подходит под следующие задачи, которые ставятся руководством компании ОАО «Российские железные дороги» в проекте «Цифровая железная дорога» [11]:

- повышение качества и расширение линейки транспортно-логистических услуг;
- повышение безопасности движения, сохранности и надежности;

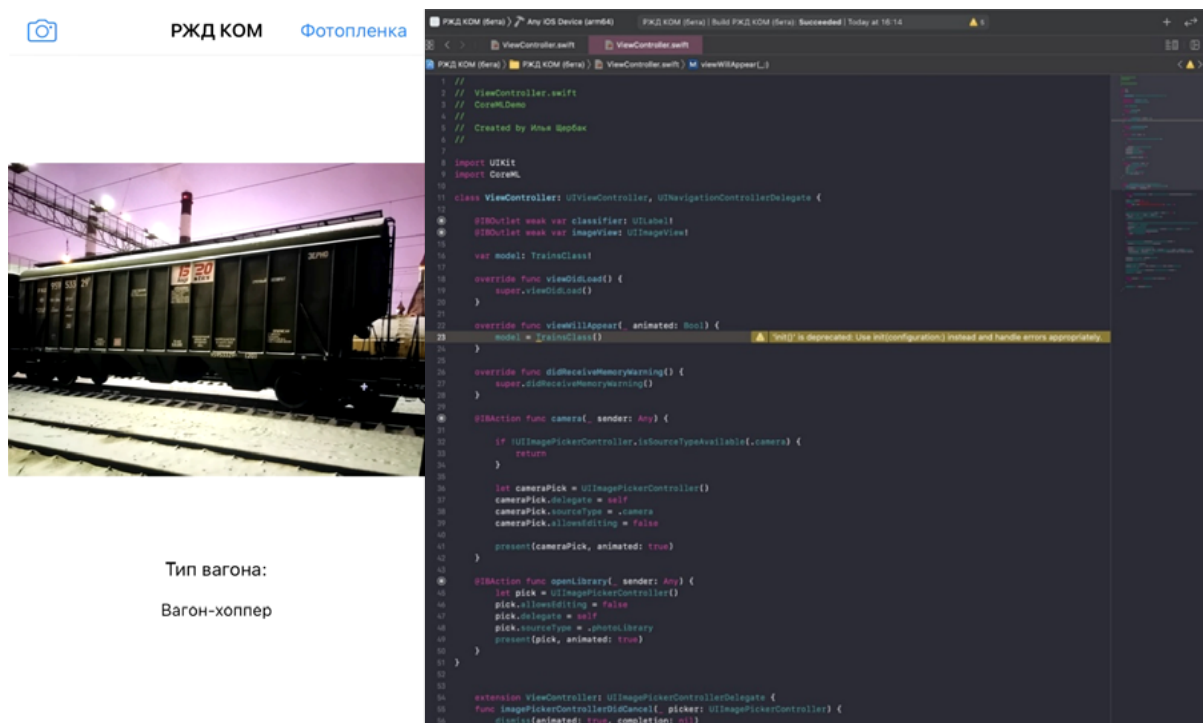


Рис. 2. Работа программы для идентификации и определения типа подвижного состава

– создание микропроцессорных систем управления и автоматизированных систем для повышения производительности труда;

– снижение влияния «человеческого фактора» на принимаемые решения.

Дорожная карта программы «Цифровая экономика Российской Федерации» предусматривает следующие направления, коррелирующие с инициативами программы «Цифровая железная дорога»:

– покрытие дорог сетями связи с беспроводной передачей данных, которые необходимы для современных интеллектуальных технологий;

– сбор и обработка телематической информации федеральной LPWAN-сетью узкополосной связи;

– доступность хранения и обработки данных на всей территории России для всех категорий населения [3].

Авторским коллективом предложена принципиально новая технология проведения коммерческого осмотра, влекущая за собой изменения основных принципов грузовой и коммерческой

работы в современном виде. Она развивает направление, предусматривающее обеспечение возможностью беспроводной передачи данных, необходимых для развития современных интеллектуальных транспортных и логистических технологий. Актуальность и новизна для компании ОАО «Российские железные дороги» представлены в статье [12]. А подробное описание работы прототипа мобильного приложения для реализации и внедрения интеллектуальной технологии приведено в статье [13]. Результаты разработки приложения для распознавания типов вагонов и знаков опасных грузов зарегистрированы в 2021 году Федеральной службой по интеллектуальной собственности [14].

Программа разработана на языке программирования Swift. Для создания и обучения нейронной сети использовался Framework CoreML. Среда подходит для операций классификации фотографий, определения и распознавания объектов на фотографии. Использование такого варианта решения позволило сэкономить время на создании самой нейронной сети и сфокуси-

роваться на ее обучении. На рис. 2 изображен фрагмент работы программы для идентификации и определения подвижного состава и приведен фрагмент исходного кода программы [14].

Стоит отметить, что разработка не конкурирует с уже внедренными комплексами автоматизации, а, наоборот, дополняет их. Так, например, комплекс АСКО ПВ применяется на сетевых сортировочных станциях и осуществляет контроль в коммерческом отношении в пути следования вагона от грузоотправителя к грузополучателю, а также на границе пути необщего пользования, где производится контроль при приеме вагонов к перевозке. Но во втором случае установка будет целесообразна только в случае большой суточной переработки вагонов, например на станции Лужская на пути необщего пользования компании «Ростерминалуголь», где суточная выгрузка составляет порядка 1400 вагонов.

Предлагаемая интеллектуальная система приема вагонов к перевозке подойдет для станций, имеющих пути необщего пользования с небольшой суточной работой, на которых установка АСКО ПВ является экономически нецелесообразной.

На текущий момент прием вагона к перевозке проходит по технологии, соответствующей запросам того времени, для которого она разрабатывалась. Такая технология устарела и не отвечает существующим запросам по скорости и методам реализации по нескольким причинам:

- длительное ожидание приемодатчика груза и багажа со стороны ОАО «РЖД»;
- низкая производительность труда приемодатчика груза и багажа;
- длительная процедура приема вагона к перевозке и оформления перевозочных документов.

Для решения задач по автоматизации производственных процессов разработано множество математических методов: теория принятия решений, теория нечеткости, центральная предель-

ная теорема, векторная оптимизация, алгоритм построения робастных регуляторов, теория сетевого планирования и управления.

Эти методы эффективно решают задачи оптимизации процессов, но внесение и обработка входных и выходных данных производится человеком. Для внедрения нового алгоритма приема вагонов к перевозке необходимо автоматизировать обработку данных и принятие решения. Для этого подходит технология автоматизации с помощью нейронной сети. Реализация интеллектуальной системы приема вагонов к перевозке, основанной на этой технологии, поможет осуществить переход к алгоритму приема вагонов к перевозке, представленному на рис. 3.

Предлагаемая авторами технология коммерческого осмотра вагонов при приеме вагона к перевозке предполагает проведение коммерческого осмотра клиентом на своем пути необщего пользования, на котором был погружен вагон, с помощью программного комплекса. Это позволит исключить повторные подачи вагонов для устранения неисправностей, снизить занятость маневровых локомотивов, горловин, путей и простои вагона. Согласно данной технологии при обнаружении нейронной сетью коммерческих неисправностей, грузоотправитель сразу получит список и рекомендации по их устранению, что позволит в кратчайшие сроки произвести исправления и оперативно осмотреть вагон еще раз. При принятии вагона к перевозке программа запустит автоматическое оформление документов в АС «Этран». Алгоритм составлен на основе концепции совершенствования технологии приема вагонов к перевозке.

Концепция заключается в том, чтобы грузоотправитель самостоятельно проводил процедуру приема вагона к перевозке посредством предложенного инструментария, базирующегося на синтезе интеллектуальных цифровых технологий, для повышения ее эффективности и информатив-



Рис. 3. Перспективный алгоритм обработки вагонов по отправлению

ности стейкхолдеров перевозочного процесса, основанного на эмпирических предпосылках, теоретических основах, реализации и критериях достоверности (рис. 4).

Предлагаемая концепция основана на ряде принципов:

Принцип 1 — формирование базы данных типовых неисправностей по номенклатуре гру-

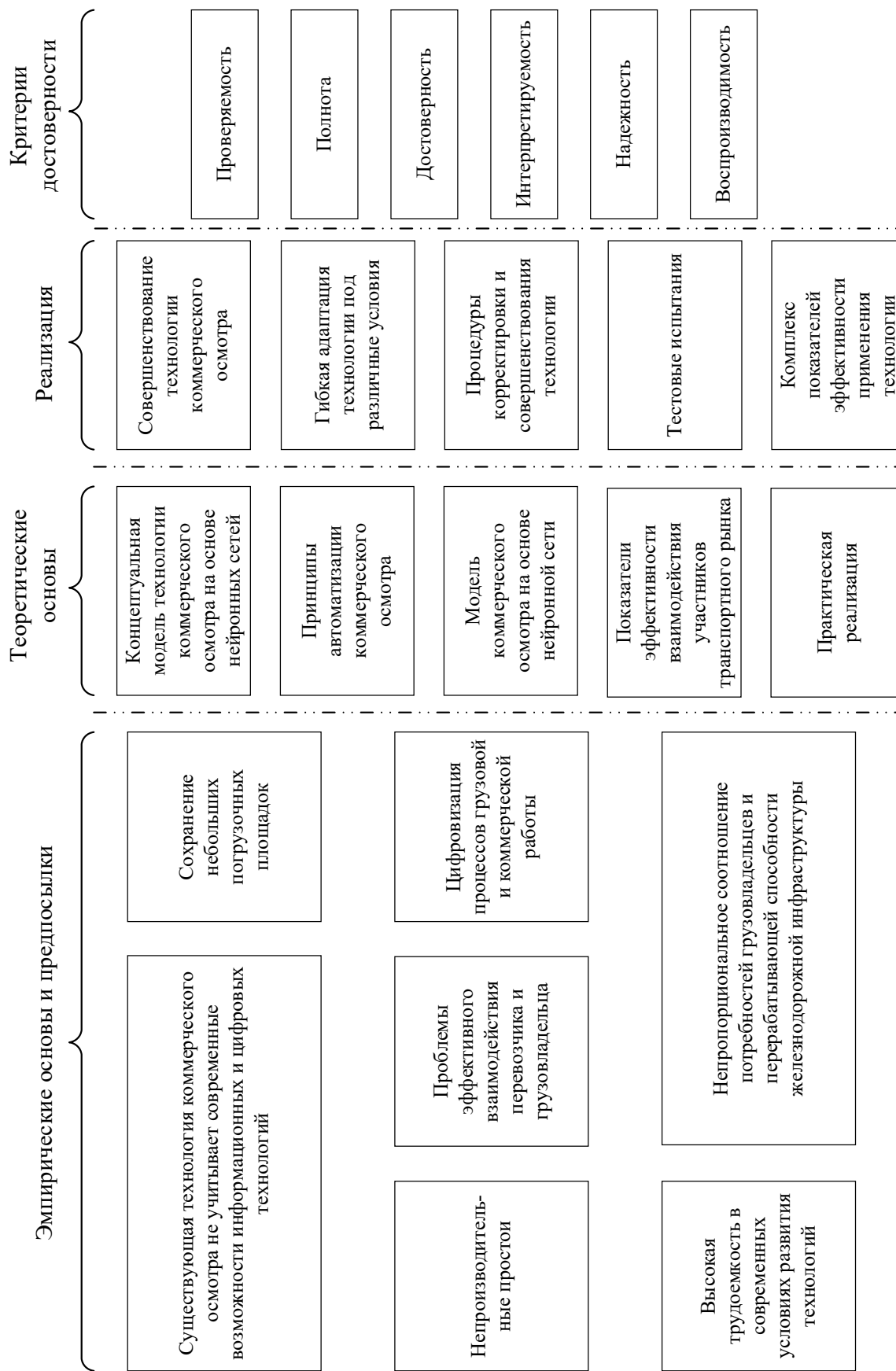


Рис. 4. Концепция совершенствования технологии приема вагонов к перевозке

зов. Создание базы данных типовых коммерческих неисправностей для их дальнейшей идентификации по общим характеристикам.

Принцип 2 — настройка и адаптация программного обеспечения для интеграции баз данных типовых неисправностей. Создание программного продукта, способного выполнить весь комплекс операций, проводимых в процессе приема вагона к перевозке.

Принцип 3 — повышение надежности и уменьшение погрешностей. Повышение сохранности вагона и груза в процессе перевозки и надежности доставки груза грузополучателю.

Принцип 4 — интеграция с существующими система автоматизации коммерческого осмотра. Интеграция интеллектуальной системы приема вагонов к перевозке с автоматизированной системой «Этран» и автоматизированной системой коммерческого осмотра поездов и вагонов, в том числе версии 3D. Согласованное управление работой систем для обеспечения работы по «бесшовной» технологии.

Принцип 5 — гибкая адаптация системы в условиях грузовой базы конкретного полигона. Возможность обучения системы для работы на конкретном полигоне с определенной грузовой базой и для определенного подвижного состава.

Принцип 6 — мониторинг проблемного парка вагонов с высоким процентом коммерческих неисправностей. Возможность отслеживания времени и места повреждения вагонов и грузов для грузовладельцев, операторов подвижного состава и перевозчика.

Принцип 7 — самообучение и совершенствование интеллектуальной системы. Обучение системы работе в новых условиях организации перевозки, как человеком, так и самостоятельно — на основе применения алгоритмов распознавания незнакомых условий.

Принцип 8 — привлечение государственных субсидий и инвестиций на развитие инфраструк-

туры и стимулирование клиентов к перевозкам по малодеятельным линиям. Равномерное распределение нагрузки на железнодорожную инфраструктуру путем стимулирования использования малодеятельных линий при перевозке несрочных грузов и доставки товаров в отдаленную местность.

Предложенные принципы соответствуют концепции нейросетевого программирования, дополнены массивом данных, собираемых на сети железных дорог, и будут адаптированы для автоматизации осмотра вагонов в коммерческом отношении.

Заключение

В статье дана оценка проблеме существующей технологии приема вагонов к перевозке в контексте автоматизации процесса. Выявлены тенденции изменения объема погрузки на железнодорожном транспорте. Определены основные положения в национальном проекте «Цифровая экономика» и программе «Цифровая железная дорога» в части цифровизации грузовой и коммерческой работы.

Представлена сравнительная оценка существующим методам совершенствования и автоматизации грузовой и коммерческой работы. Рассмотрены возможные математические методы для решения поставленной задачи. Предложено применение метода автоматизации с помощью нейронной сети для решения проблемы повышения эффективности технологии приема вагонов к перевозке на станциях с незначительными объемами погрузки.

Разработан алгоритм перспективной технологии обработки вагонов по отправлению. Предложены концепция и принципы совершенствования технологии приема вагонов к перевозке. Направления дальнейших исследований связаны с конкретизацией инструментария для условий малоинтенсивных линий и расширением спектра использования по номенклатуре грузов.

Библиографический список

1. Годовые отчеты ОАО «РЖД» за 2004–2022 гг. — URL: <https://ar2021.rzd.ru/ru> (дата обращения: 15.03.2023).
2. Воробьев И. М. Конструктор формирования услуг доставки грузов железнодорожным транспортом на сети ОАО «РЖД» / И. М. Воробьев, А. В. Новичихин, К. Е. Ковалев // Автоматика на транспорте. — 2022. — Т. 8. — № 4. — С. 367–374.
3. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: распоряжение Правительства РФ от 28 августа 2017 г. № 1632-р. — URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>.
4. Автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов. — URL: <https://www.alfa-pribor.ru/products/automated-inspection-system/asko-pv/> (дата обращения: 24.03.2023).
5. Автоматизированная система контроля инвентарных номеров вагонов. — URL: <https://www.alfa-pribor.ru/products/automated-inspection-system/askin/> (дата обращения: 24.03.2023).
6. Rail and Intermodal terminals. — URL: <https://www.samco.be/solutions/rail-intermodal-terminals/> (дата обращения: 24.03.2023).
7. Транспорт России. Информационно-статистический бюллетень. г. Москва, 2021 год. — URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/11698> (дата обращения: 24.03.2023).
8. Артемьев И. С. Автоматизация процессов идентификации железнодорожных подвижных единиц на основе гибридных нейронных моделей: дисс. ... канд. техн. наук / И. С. Артемьев. — СПб.: ПГУПС, 2017. — 158 с.
9. Патентон — база патентов и изобретений, зарегистрированных в Советском Союзе и России, патентный поиск. — URL: <https://patenton.ru/patent/RU2252170C1> (дата обращения: 24.03.2023).
10. Тонкова М. Л. Инновационные технологии коммерческого осмотра поездов и вагонов / М. Л. Тонкова // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2019. — Т. 16. — № 1. — С. 130–138.
11. Концепция реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога»: распоряжение ОАО «РЖД» от 5 декабря 2017 г. № 1285. — URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=56885> (дата обращения: 02.04.2023).
12. Смирнов Ф. А. Автоматизация коммерческого осмотра вагонов с помощью искусственного интеллекта / Ф. А. Смирнов, Е. К. Коровяковский; отв. за выпуск: О. В. Гимазетдинова, М. С. Панова // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. — Санкт-Петербург, 19–26 апреля 2021 года. — СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021.
13. Коровяковский Е. К. Автоматизация коммерческого осмотра вагонов с использованием элементов искусственного интеллекта / Е. К. Коровяковский, Ф. А. Смирнов, И. А. Щербак и др.; под ред.: А. А. Краснощека, П. К. Рыбина // Четвертая международная научно-практическая конференция «Развитие инфра-структуры и логистических технологий в транспортных системах» (Санкт-Петербург, 6–8 октября 2021 г.): сборник трудов: в 2 частях. — СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. — Ч. 1. — С. 76–82.
14. Смирнов Ф. А. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022617520. 11.04.2022 / 21.04.2022 Программа для определения типа вагонов и опасных грузов / Ф. А. Смирнов, И. А. Щербак, М. А. Крылов и др.
Дата поступления: 26.04.2023
Решение о публикации: 12.05.2023

Контактная информация:

СМИРНОВ Федор Андреевич — аспирант;

fsmirnov96@gmail.com

НОВИЧИХИН Алексей Викторович — д-р техн. наук, проф.; novichihin@bk.ru

КОВАЛЕВ Константин Евгеньевич — канд. техн. наук, доц.; kovalev_kostia@mail.ru

Improving Freight and Commercial Work on Railway Transport: Concept and Tools

F. A. Smirnov, A. V. Novichikhin, K. E. Kovalev

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Smirnov F. A., Novichikhin A. V., Kovalev K. E. Improving Freight and Commercial Work on Railway Transport: Concept and Tools // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 2, pp. 302–313. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-302-313

Summary

Purpose: The article offers a solution to the problem of low efficiency of freight and commercial work at railway stations with a small loading volume. The goals and objectives of the national project “Digital Economy” and the program “Digital Railway” are considered. The methods of improving freight and commercial work currently used in railway transport to increase the productivity of stations and to increase workload without capital investments in infrastructure are outlined. A prospective algorithm for processing wagons on departure has been formed. The concept of improving the technology of receiving a wagon for transportation is proposed. An intelligent system for receiving wagons for transportation using a neural network has been developed. The results of the development of a program for determining the types of rolling stock in the image are shown. **Methods:** Methods of analysis, synthesis and neural networks, the theory of automatic control are used. **Results:** A solution to the problem of increasing the efficiency of the technology of receiving wagons for transportation at stations with insignificant loading volumes is proposed. **Practical significance:** The introduction of the developed intelligent system at railway stations will improve the quality and speed of commercial inspection when accepting a car for transportation.

Keywords: Neural network, automation of commercial inspection, freight and commercial work, digitalization, shipper, carrier, transportation management.

References

1. *Godovye otchety OAO “RZhD” za 2004–2022 gg.* [Annual reports of Russian Railways for 2004–2022]. Available at: <https://ar2021.rzd.ru/ru> (accessed: March 15, 2023). (In Russian)
2. Vorob’ev I. M., Novichikhin A. V., Kovalev K. E. Konstruktor formirovaniya uslug dostavki gruzov zheleznodorozhnym transportom na seti OAO “RZhD” [Designer of the formation of services for the delivery of goods by rail on the network of Russian Railways]. *Avtomatika na transporte* [Transport automation research]. 2022, vol. 8, Iss. 4, pp. 367–374. (In Russian)
3. *Programma “Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii”*: rasporyazhenie Pravitel’sтва RF ot 28 avgusta 2017 g. № 1632-r [Program “Digital Economy of the Russian Federation”]: Decree of the Government of the Russian Federation of August 28, 2017 № 1632-r]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>. (In Russian)
4. *Avtomatizirovannaya sistema kommercheskogo osmotra poezdov i vagonov* [Automated system for commercial inspection of trains and wagons]. Available at: <https://www.alfa-pribor.ru/products/automated-inspection-system/asko-pv/> (accessed: March 24, 2023). (In Russian)
5. *Avtomatizirovannaya sistema kontrolya inventarnykh numerov vagonov* [Automated system for monitoring the inventory numbers of cars]. Available at: <https://www.alfa-pribor.ru/products/automated-inspection-system/askin/> (accessed: March 24, 2023). (In Russian)

6. Rail and Intermodal terminals. Available at: <https://www.camco.be/solutions/rail-intermodal-terminals/> (accessed: March 24, 2023).
7. *Transport Rossii. Informatsionno-statisticheskii byulleten'. g. Moskva, 2021 god* [Transport of Russia. Information-statistical bulletin]. Available at: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/11698> (accessed: March 24, 2023). (In Russian)
8. Artem'ev I. S. *Avtomatizatsiya protsessov identifikatsii zhelezodorozhnykh podvizhnykh edinits na osnove gibridnykh neyroimmunnykh modeley: diss. ... kand. tekhn. nauk* [Automation of the identification processes of railway rolling units based on hybrid neuroimmune models: diss. ... cand. tech. Sciences]. St. Petersburg: PGUPS Publ., 2017, 158 p. (In Russian)
9. *Patenton — baza patentov i izobreteniy, zaregistririvannykh v Sovetskom Soyuze i Rossii, patentnyy poisk* [Patenton — database of patents and inventions registered in the Soviet Union and Russia, patent search]. Available at: <https://patenton.ru/patent/RU2252170C1> (accessed: March 24, 2023). (In Russian)
10. Tonkova M. L. *Innovatsionnye tekhnologii kommercheskogo osmotra poezdov i vagonov* [Innovative technologies for commercial inspection of trains and wagons]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Proceedings of Petersburg Transport University]. 2019, vol. 16, Iss. 1, pp. 130–138. (In Russian)
11. *Kontseptsiya realizatsii kompleksnogo nauchno-tekhnicheskogo proekta "Tsifrovaya zheleznaya doroga": rasporyazhenie OAO "RZhD" ot 5 dekabrya 2017 g. № 1285* [The concept of the implementation of the integrated scientific and technical project "Digital Railway": order of JSC "Russian Railways" dated December 5, 2017 № 1285]. Available at: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=56885> (accessed: April 02, 2023). (In Russian)
12. Smirnov F. A., Korovyakovskiy E. K. *Avtomatizatsiya kommercheskogo osmotra vagonov s pomoshch'yu iskusstvennogo intellekta. Transport: problemy, idei, perspektivy: sbornik trudov LXXXI Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. — Sankt-Peterburg, 19–26 aprelya 2021 goda* [Automation of the commercial inspection of cars using artificial intelligence. Transport: problems, ideas, prospects: a collection of proceedings of the LXXXI All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. St. Petersburg, April 19–26, 2021]. St. Petersburg: FGBOU VO PGUPS Publ., 2021. (In Russian)
13. Korovyakovskiy E. K., Smirnov F. A., Shcherbak I. A. *Avtomatizatsiya kommercheskogo osmotra vagonov s ispol'zovaniem elementov iskusstvennogo intellekta. Chetvertaya mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Razvitie infra-struktury i logisticheskikh tekhnologiy v transportnykh sistemakh" (Sankt-Peterburg, 6–8 oktyabrya 2021 g.): sbornik trudov: v 2 chastyakh* [Automation of the commercial inspection of cars using elements of artificial intelligence. Fourth International Scientific and Practical Conference "Development of infrastructure and logistics technologies in transport systems" (St. Petersburg, October 6–8, 2021): collection works: in 2 parts]. St. Petersburg: FGBOU VO PGUPS Publ., 2022, part 1, pp. 76–82. (In Russian)
14. Smirnov F. A., Shcherbak I. A., Krylov M. A. et al. *Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM № 2022617520. 11.04.2022 / 21.04.2022 Programma dlya opredeleniya tipa vagonov i opasnykh грузов* [Certificate of registration of the computer program No. 2022617520. 11.04.2022 / 21.04.2022 Program for determining the type of wagons and dangerous goods]. (In Russian)

Received: April 26, 2023

Accepted: May 12, 2023

Author's information:

Fedor A. SMIRNOV — Postgraduate Student;
fsmirnov96@gmail.com

Alexey V. NOVICHKIN — Dr. Sci. in Engineering,
Associate Professor; novichkin@bk.ru

Konstantin E. KOVALEV — PhD in Engineering;
kovalev@pgups.ru