

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАГРУЗКИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА КАК ДВИЖИТЕЛЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ХОЛДИНГА ОАО «РЖД»

Чернышев К.А.<sup>1</sup>, Лысов Г.М.<sup>1</sup>, Синицын А.А.<sup>1</sup>, Киселев А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Российский университет транспорта

**Аннотация:** в данной статье рассматривается опыт внедрения цифровых технологий в перевозочный процесс на сети железных дорог РФ, основанный на принципах интероперабельности, на примере динамической модели загрузки инфраструктуры (далее – ДМЗИ) общего и необщего пользования. Поднимаются вопросы актуальности, преимуществ и недостатков ДМЗИ в настящее время, подробно рассматривается проблема интеграции оперативной информации между смежными информационными и вычислительными системами, применяющимися ОАО «РЖД» для обеспечения своевременного исполнения обязательств по перевозочному процессу.

**Ключевые слова:** интероперабельность, перевозочный процесс, инфраструктура, грузоотправитель, перевозчик, цифровизация.

© Чернышев К.А., Лысов Г. М., Синицын А.А., Киселев А.А.

Поступила 03.02.2025, одобрена после рецензирования 01.03.2025, принята к публикации 01.03.2025.

### Для цитирования:

Чернышев К.А., Лысов Г.М., Синицын А.А., Киселев А.А. Динамическая модель загрузки инфраструктуры железнодорожного транспорта как движитель интероперабельной цифровой трансформации холдинга ОАО «РЖД» // Логистика и управление цепями поставок. - 2025. - Т. 22, №1 (114). - С. 29–40.

Чернышев К.А. доцент, к.т.н., федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)», Москва, Россия. Лысов Г.М. ассистент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)», Москва, Россия.

Синицын А.А. студент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)», Москва, Россия.

Киселев А.А. студент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)», Москва, Россия.

## Введение

Внедрение новых информационных и цифровых технологий в перевозочный процесс, базирующихся на ведущихся в режиме реального времени моделях объектов инфраструктуры, а именно: АСОУП, ДИСПАРК, АСУ ПТО, АСУ станций, ДМЗИ и.т.д. направлены на обеспечение совершенствования деятельности железнодорожного транспорта [3]. Чтобы данное предназначение выполнялось в полном объёме, необходимо иметь не просто программно-аппаратные комплексы с достаточными вычислительными мощностями, нужно разрабатывать взаимосвязанную интеграцию процессов получения, обработки, хранения и передачи данных между этими комплексами, ведь поток цифровых данных, поступающих со всех подсистем, постоянно растёт и требует незамедлительного учёта на разных уровнях организации эксплуатационной работы. Такая интеграция множества автоматизированных систем в единую цифровую сеть невозможна без учёта интероперабельности.

Сегодня при организации и планировании грузоперевозок на ЖД активно применяется новая система — ДМЗИ, которая неотрывно связана с суточными клиентскими планами

## Цель исследования

Целью исследования является освещение актуальности соблюдения принципов интероперабельности в современных цифровых технологиях на ЖД транспорте, а также анализ опыта внедрения одной из таковых технологий, а именно ДМЗИ, в аспекте упомянутой выше проблемы. Помимо этого, исследовательская группа преследует цель обоснования необходимости расширения функционала ДМЗИ: добавление возможности динамического отслеживания продвижения вагонов, планируемых под будущие грузовые операции согласно но-

погрузки (далее – СКПП) и автоматизированной системой оперативного управления перевозками (далее – АСОУП). Однако на практике, при возникновении критических изменений первичных данных в СКПП, ДМЗИ несвоевременно предоставляет новый вариант погрузки и отправки груза, либо своевременно, но без учёта интересов грузоотправителей. Это обусловлено не техническими сбоями в ДМЗИ, а поздним получением оперативных данных ввиду их задержки на промежуточных «уровнях» системы, а также отсутствием динамического контроля ДМЗИ за продвижением вагонов в пути следования, планируемых к будущим грузовым операциям. Авторы в качестве примера приводят проблему с динамическим изменением СКПП, вызванного отстранением вагонов, взятых грузоотправителем в аренду у их владельца, на промежуточных технических станциях ввиду необходимости проведения отцепочного ремонта. Принимается условие, что отстранённые от движения вагоны уже запланированы под будущую погрузку, а владелец ЖД ПС, не располагая большим парком ПС, в сжатые сроки не может осуществить замену.

## Цель исследования

вым заявкам ф. ГУ-12, благодаря интеграции данных из смежных информационных систем в автоматизированном и запросном порядке. Группа считает, что нововведение благотворно повлияет не только на процесс коммерческого согласования перевозок, но и на элементы, в настоящее время затрудняющие его. Как пример – ранжирование приоритетности выполнения видов отцепочных ремонтов в ПТО, в зависимости от даты следующего рейса вагона в соотв. с новыми формами ГУ-12.

## Основная часть

Интероперабельность - свойство двух и более взаимосвязанных систем или их компонентов, выражющееся в их способности осуществлять обмен информацией и использовать данные, полученные в результате такого

обмена. В данной работе будет рассматриваться динамическая модель загрузки инфраструктуры (ДМ ЗИ).

### Информационная модель ДМ ЗИ

---

Динамическая модель загрузки инфраструктуры (ДМ ЗИ) – Система, позволяющая автоматически и непрерывно выполнять оценку возможностей инфраструктуры железных дорог общего и необщего пользования в процессе согласования заявок на перевозку грузов ф.ГУ-12, запросов-уведомлений и СКПП<sup>1</sup>.

До момента введения ДМ ЗИ в работу, заявки формы ГУ-12 обрабатывались и согласовывались при непосредственном взаимодействии грузоотправителя и перевозчика, последний из которых рассчитывал возможность отправки заданного объема груза вручную, что сильно замедляло процесс согласования и отправки грузов, также при данной схеме обработка заявок был существенный недостаток, который заключался в человеческом факторе при котором вероятность ошибки в согласовании заявки и составления СКПП многократно повышалась.

#### **Описание работы ДМ ЗИ и формирования СКПП:**

Работа ДМ ЗИ: Динамическое моделирование загрузки инфраструктуры представляет собой процесс, обеспечивающий оптимальное использование железнодорожной инфраструктуры при планировании грузоперевозок. Процесс начинается с оформления заявки формы ГУ-12. Затем, ДМ ЗИ выполняет прогнозирование доступных пропускных способностей, основываясь на поступающих данных. Каждая новая заявка анализируется с учетом ранее согласованных и включенных в модель. На основе планов формирования поездов (ПФП), ДМ ЗИ определяет оптимальный маршрут, моделируя занятость инфраструктуры. Ключевым этапом является проверка возможности перевозки заявленного объема груза на указанную дату. Эта проверка учитывает:

- Ранее согласованные заявки с учетом станций отправления/назначения, мощностей фронтов погрузки/выгрузки, пропускных способностей участков сети и межгосударственных стыковых пунктов;
- Статус вагонов: уже погруженных, выгруженных, не отправленных, и находящихся в пути на момент моделирования.

Далее, ДМ ЗИ формирует заключение о возможности или невозможности инфраструктуры обработать заявленный грузопоток. В случае положительного заключения, данные о графике подачи и погрузки передаются в автоматизированную систему ЭТРАН. При отрицательном заключении, ДМ ЗИ пересчитывает график и передает обновленную информацию в АС ЭТРАН, предоставляя грузоотправителю возможность выбора – принять изменения или отказаться от заявки. Все заявки, после рассмотрения и формирования рекомендаций, сохраняются в архиве ДМ ЗИ в течение 3 лет.

#### **Формирование Суточного клиентского плана погрузки (СКПП):**

СКПП является инструментом, работающим совместно с АС ЭТРАН, для удовлетворения потребностей грузоотправителей. После согласования заявки ГУ-12, в АС ЭТРАН автоматически формируется СКПП на каждую отправку и направляется в модель загрузки, в строгой последовательности по дате подачи и согласования заявки. Каждая строка соответствует одной отправке. Далее, строки СКПП сопоставляются с ранее учтенными в ДМ ЗИ заявками по определенным критериям. Для сопоставленных строк начинается процесс согласования объемов погрузки, ранее утвержденных в ГУ-12.

Может быть три сценария:

- 1) Объем СКПП соответствует объему в ГУ-12 – согласование без изменений.
- 2) Объем СКПП меньше объема в ГУ-12 – резерв емкостей освобождается для других планов погрузки.
- 3) Объем СКПП больше объема в ГУ-12 – часть утверждается без проверки, а остальная часть проходит повторную проверку на возможность отправки.

Результаты проверки отправляются в АС ЭТРАН. Процессная модель представлена на рисунке 1.

<sup>1</sup>\* Суточный клиентский план погрузки (СКПП) – Инструмент, позволяющий обеспечить достоверное планирование и оказать оперативное влияние на выполнение погрузки, получить точную информацию о фактическом недогрузе и объемах невывезенного груза.

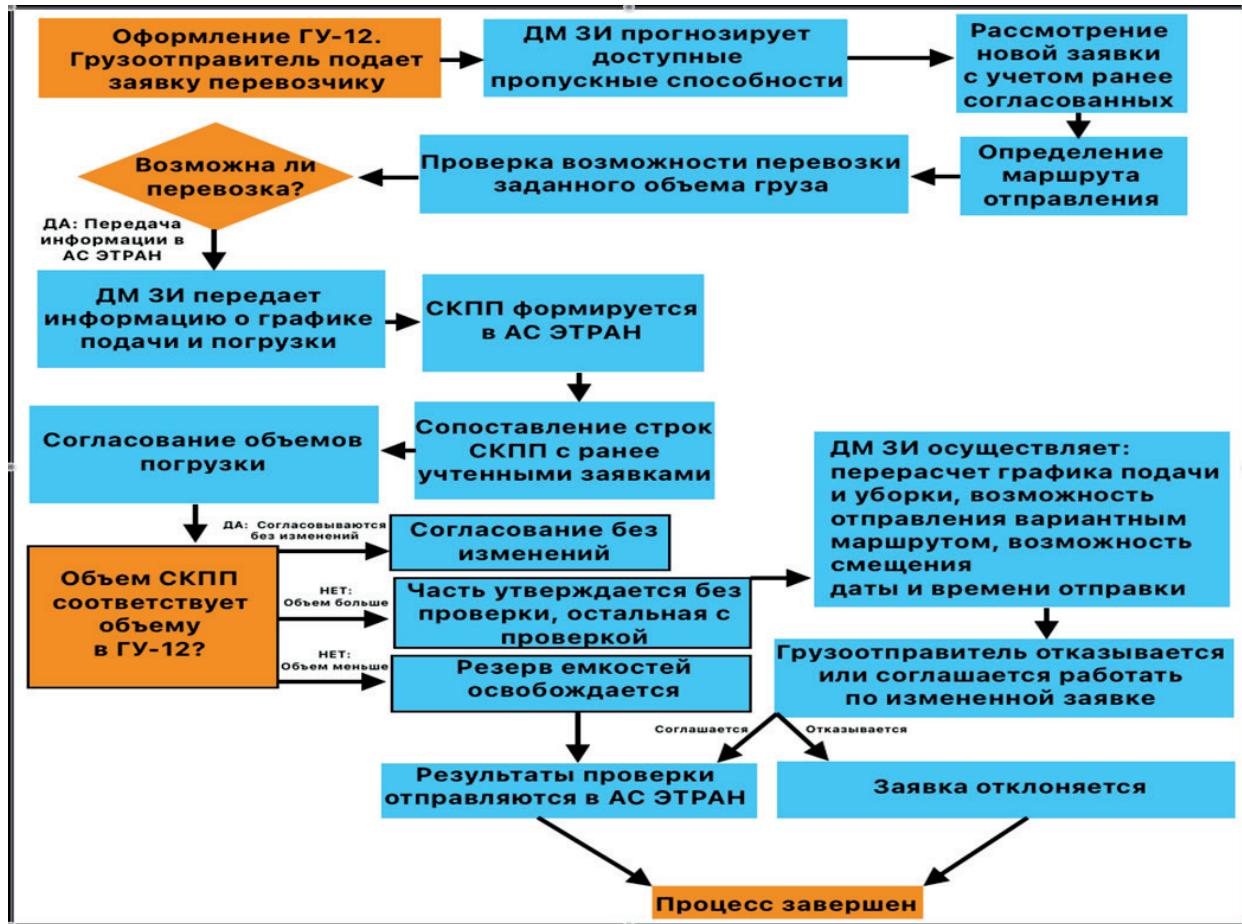


Рисунок 1. Процессная модель работы ДМ ЗИ и СКПП.

#### Объединенный принцип работы:

ДМ ЗИ и СКПП работают взаимосвязано, обеспечивая эффективное и рациональное использование железнодорожной инфраструктуры. ДМ ЗИ моделирует загрузку и определяет возможности, а СКПП адаптирует заявки к реальным условиям и обеспечивает удовлет-

ворение потребностей грузоотправителей в вывозе груза.

#### Результаты работы с подключенной моделью ДМ ЗИ

Статистика работы системы ДМЗИ в марте 2023 г. представлена на рис. 2-5<sup>2</sup>

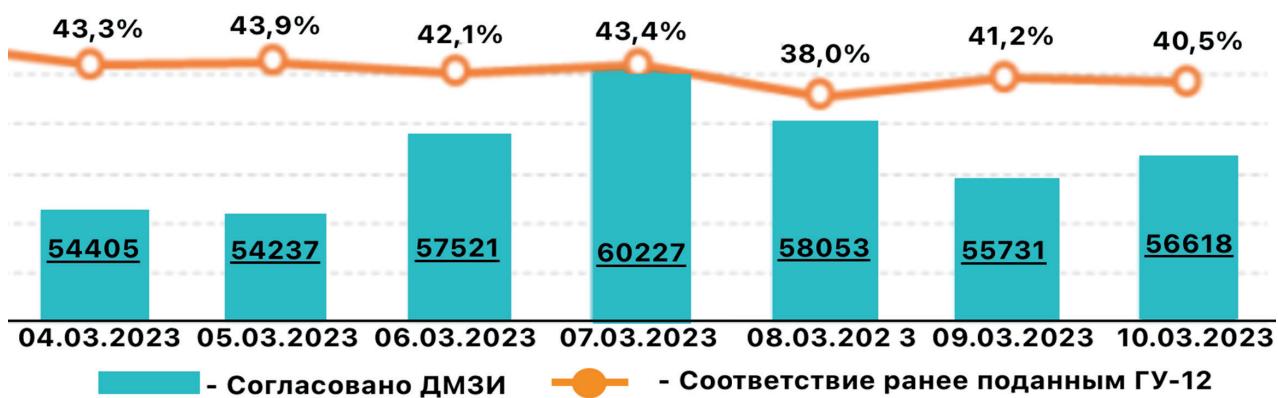


Рисунок 2. Результаты согласования суточного клиентского плана погрузки с использованием ДМЗИ.

<sup>2</sup> Российские железные дороги // ОАО «РЖД» : сайт. URL : <http://www.rzd.ru> (Дата обращения 16.11.2024).



Рисунок 3. Итоги согласования ГУ-12 с использованием ДМЗИ.

С момента старта работы ДМЗИ, по состоянию на март 2023 года, владельцы грузов столкнулись с резким падением числа согласования заявок на транспортировку своих товаров по различным категориям. Автоматизированная система отклоняла запросы горнообогатительных предприятий на перевозку

сырья в разные направления, сославшись на приоритетность номенклатур грузов.

На графиках 4 и 5 видно значительное количество заявок, обрабатываемых не по графикам подач по большей части из-за превышения перерабатывающей способности, что вызывает несвоевременную отправку грузов.

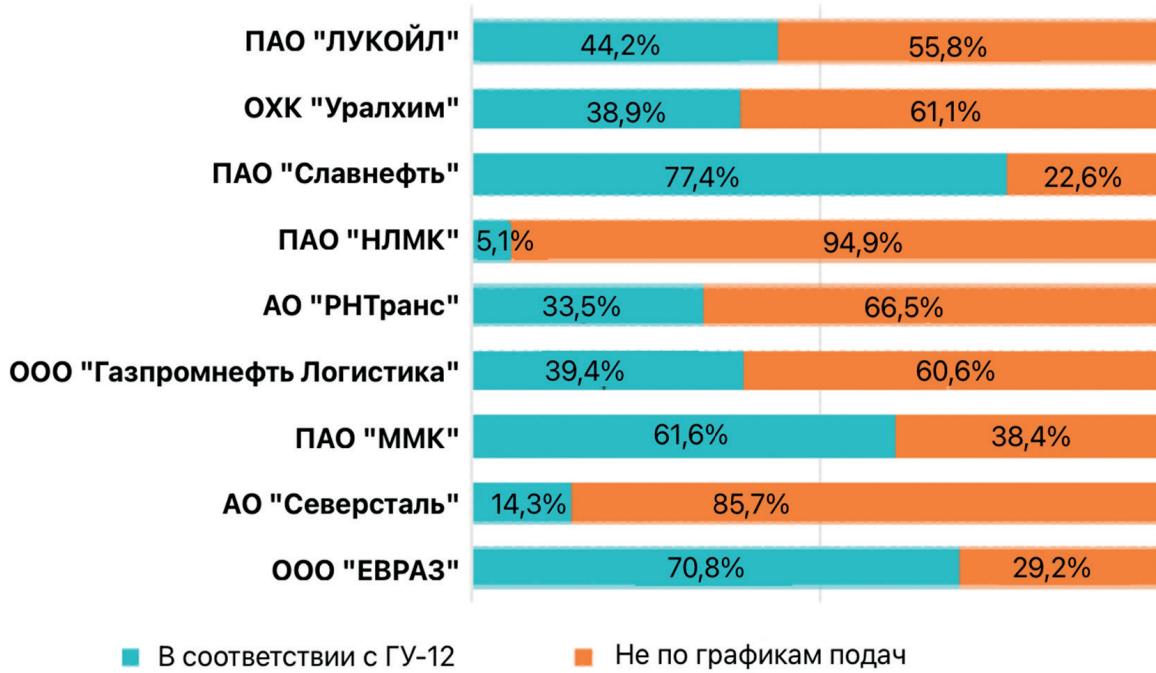


Рисунок 4. Выборочная проверка соблюдения графика подач клиентам.

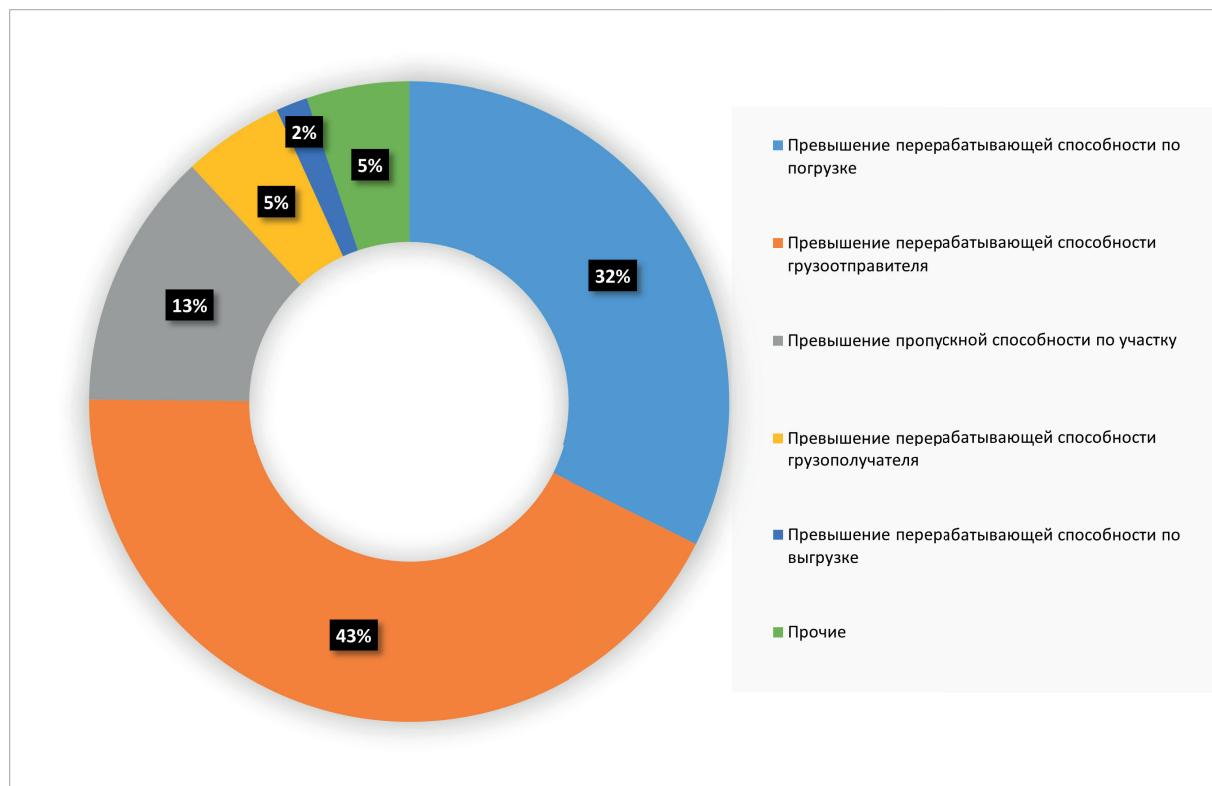


Рисунок 5. Причины отклонения согласования ГУ-12 в ДМЗИ.

Проблема несоблюдения интероперабельности интеграции данных между АСУ при оперативной организации грузовой и перевозочной работы

Как видно из рисунка 4, лишь у троих клиентов доля вагонов от их общего числа, подаваемых под погрузку в соответствии с графиком, разработанным ДМ ЗИ и СКПП, превышает 50%. В большинстве же своим вагоны подаются на грузовые фронты клиентов не по заранее разработанному графику подач, а «по готовности». Причин, по которым моделируемые сценарии графиков подач вагонов на грузовые фронты в действительности не соблюдаются, довольно много, но всех их объединяет общий признак – оперативный характер перевозочной работы [3]. В пути следования могут произойти события, влекущие за собой необходимость выполнения вспомо-

гательных движженческих и технических операций, вследствие которых не всегда удается «вводить» рассматриваемые единицы подвижного состава обратно в разработанный график.

В статье рассматривается случай, при котором график подачи на грузовые фронты сорван ввиду выявления технической неисправности вагона, требующей отцепочного ремонта. Подвижной состав арендован грузоотправителем, владелец подвижного состава не располагает возможностью оперативной замены вагона. При таком стечении обстоятельств решение об изменении текущего и планировании нового СКПП, а также очередной анализ отправки ДМЗИ будет выполнен только после информирования владельца ЖД ПС, а затем – грузоотправителя, арендовавшего вагон. Порядок передачи информации и принятия решений приведён на рисунке 6.

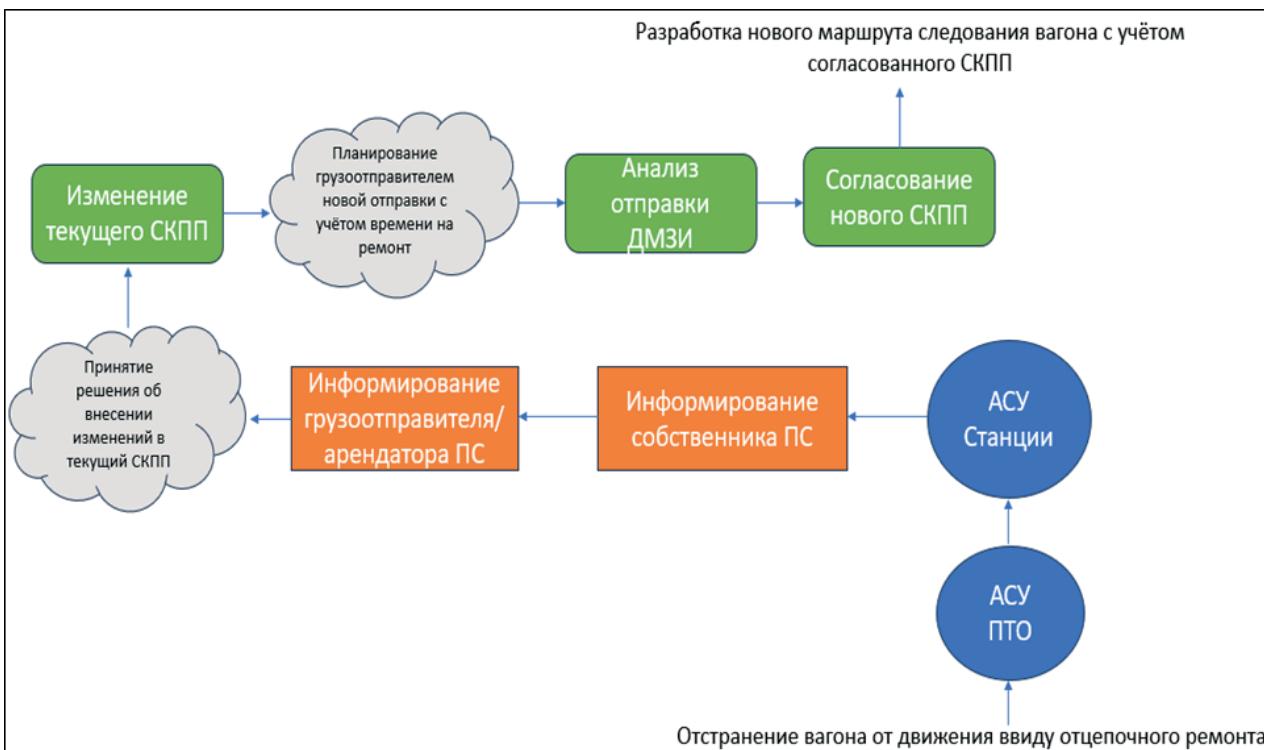


Рисунок 6. Порядок передачи информации между АСУ и участниками перевозки при изменении СКПП, вызванного невозможностью замены вагона, планируемого под погрузку и отправленного в отцепочный ремонт.

перевозки, информации об отстранении вагона следует пройти 7 итераций, от внесения данных в АСУ ПТО и информировании участников перевозки до согласования нового СКПП, которое требует предварительного анализа новой отправки ДМЗИ [4]. Большое количество выполняемых операций, а как следствие: потеря времени, обусловлено тем, что в настоящее время ДМЗИ не ведёт динамического отслеживания продвижения вагонов.

Для сокращения количества итераций обработки данных, а также оптимизации процессов информирования и согласования новых условий между владельцами и арендаторами ЖД ПС, группа предлагает добавление в ДМЗИ функции динамического отслеживания

продвижения вагонов. Она должна работать в автоматизированном режиме.

Принцип работы функции следующий: ДМЗИ ведёт пономерной учёт состояния вагонов, находящихся в рейсах. При формировании СКПП на последующие сутки система считывает номера вагонов, планируемых под будущую погрузку, загружает информацию о их динамическом состоянии из собственной базы данных, порядке продвижения по маршруту и планируемой дате завершения текущего рейса. Сопоставляет дату завершения рейса с датой и сроками погрузки, после чего либо утверждает информацию и передаёт её в СКПП, либо предлагает альтернативы. Процессная модель этой функции ДМЗИ представлена на рисунке 7.

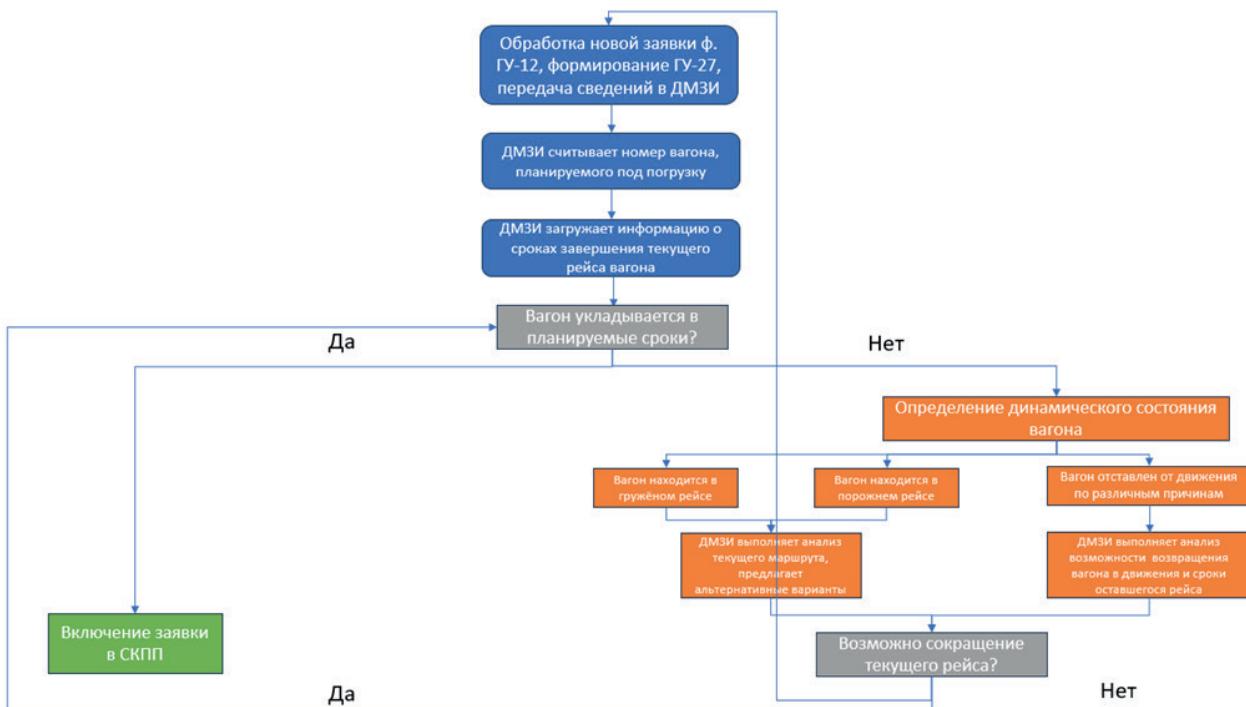


Рисунок 7. Процессная модель функции динамического отслеживания продвижения вагонов.

В случаях если вагон, находящийся в рейсе, не укладывается в сроки первично по данной заявки ф.ГУ-12, ДМЗИ автоматически информирует грузоотправителя/арендатора/владельца ПС о возможных кратчайших сроках начала нового рейса для этого вагона. Тогда, если проецировать эту новую функцию ДМЗИ на проблему, освещённую на рисунке 6, порядок передачи информации сократится,

а процедура согласования между участниками перевозочного процесса сведётся к принятию или неприятию новых сроков, разработанных ДМЗИ. Благодаря этому, в СКПП высвободится временной слот, выделенный под погрузку отставленного от движения вагона, который можно будет использовать для погрузки ранее несогласованной отправки. Визуализация представлена на рисунке 8.



Рисунок 8. Альтернативный порядок передачи информации и принятия решений.

Помимо упрощения процесса внесения корректировок в СКПП для участников перевозки, динамическое отслеживание продвижения вагонов может выступать в роли планировщика работы вспомогательных производственных процессов, увеличивающих сроки запланированных рейсов. В качестве примера таких производственных процессов возьмём ПТО. Сейчас при нахождении на учёте ПТО нескольких единиц ПС, требующих отцепочного ремонта, регулятором приоритетности их выполнения служит трудоёмкость относительно численного состава рабочих. Иными словами, в первую очередь будут выполняться ремонты, трудозатраты на которые

будут покрываться суммарной производительностью работников [2,5]. Такой подход к организации работы приводит к тому, что вагоны, имеющие схожие неисправности, ремонтируются в первую очередь, а остальные единицы ЖД ПС вынуждены находиться в ожидании.

Функция динамического отслеживания продвижения вагонов позволит осуществлять ранжирование очерёдности выполнения отцепочного ремонта единиц ПС с учётом сроков завершения рейса, рассчитанных ДМЗИ. То есть, приоритетным в ремонте будет вагон, у которого срок доставки груза стремится к просрочке.

### Заключение

1) При использовании ДМ ЗИ в перевозочном процессе обработка заявок формы ГУ-12 стала более эффективной, благодаря осуществлению непрерывного автоматизированного планирования загрузки инфраструктуры общего и необщего пользования с учётом ранее согласованных заявок, тем самым, предотвращая возможные производственные издержки из-за нехватки пропускных способностей инфраструктуры, а сам принцип взаимодействия ДМ ЗИ и СКПП отвечает требованиям интероперабельных систем;

2) На примере с непредвиденным отстранением от движения грузового вагона, планируемого под будущую погрузку, была построена диаграмма взаимодействия АСУ между друг другом при передаче и обработки оперативных сведений, демонстрирующая многоуровневую линейную зависимость АСУ при переадресации информации из ПТО в ДМ ЗИ, с целью изменения планируемого клиентского плана погрузки.

3) Для сокращения итераций обработки оперативных сведений на различных уровнях АСУ было предложено внедрение функции

динамического отслеживания продвижения вагонов в ДМ ЗИ. Благодаря ей становится возможным планирование вагонов, находящихся в работе, на будущие рейсы согласно новым заявкам ф. ГУ-12, а также анализ альтернативных вариантов продвижения вагонов, отставленных от движения, с расчётом новых сроков следования ПС, что существенно упрощает процессы согласования новых условий перевозки между участниками.

4) Функция динамического отслеживания продвижения вагонов может выступать в качестве нормировщика работы отдельных структурных подразделений на ЖД. В качестве примера приведён ПТО, который осуществляет отцепочный ремонт в приоритетности, зависящей от расчётных ДМ ЗИ сроков следования вагона.

5) Функция динамического отслеживания продвижения вагонов, на основании пунктов 3 и 4 заключения, может называться интероперабельной, поскольку позволяет своими возможностями регулировать разносторонние процессы перевозки – коммерческие и технические.

### Список источников

1. Об утверждении классификатора мест проведения грузовых и коммерческих операций на путях общего и необщего пользования : распоряжение ОАО «РЖД» от 26.08.2021 № 1866/р. Доступ из справ.-правовой системы АСПИЖТ локал. сети.
2. Черепов О. В. Автоматизированные системы управления в вагонном хозяйстве. Екатеринбург, 2011. С. 24-31, 57-67, 71-73.
3. Современные технологические и инновационные решения, направленные на увеличение пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений / В. А. Воронин, П. В. Куренков, И. А. Солоп, Е. А. Чеботарева // Транспортные системы и технологии. – 2021. – Т. 7, № 2. – С. 16-29. – DOI 10.17816/transsyst20217216-29. – EDN UVABEO.
4. Мамаев, Э. А. Модели оптимизации эксплуатации вагонного парка операторской компании / Э. А. Мамаев, Б. И. Алибеков // Труды Международной научно-практической конференции «транспорт-2015», Ростов-на-Дону, 21–24 апреля 2015 года / ФГБОУ ВПО «РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ». Том Часть 1. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2015. – С. 162-164. – EDN VDBHVV.
5. Мамаев, Э. А. О сроках доставки грузов в условиях активных внешних воздействий на работу железнодорожного транспорта / Э. А. Мамаев // Транспорт: наука, образование, производство : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 24–26 апреля 2024 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 103-106. – EDN CZOQXC.
6. Багинова, В. В. Методика оценки организационной структуры оперативного управления вагонопотоками на путях необщего пользования / В. В. Багинова, А. Н. Рахмангулов, П. Н. Мишкуров // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2012. – № 2. – С. 19-22. – EDN OXSRXJ.

## DYNAMIC MODEL OF LOADING OF RAILWAY TRANSPORT INFRASTRUCTURE AS A DRIVER OF INTEROPERABLE DIGITAL TRANSFORMATION OF RUSSIAN RAILWAYS HOLDING

Chernyshev K.A.<sup>1</sup>, Lysov G.M.<sup>1</sup>, Sinitsyn A.A.<sup>1</sup>, Kiselev A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Russian University of Transport.

**Abstract:** this article examines the experience of introducing digital technologies into the transportation process on the Russian railway network, based on the principles of interoperability, using the example of a dynamic model of infrastructure utilization (hereinafter referred to as DMZI) for general and non-public use. The issues of relevance, advantages and disadvantages of DMZI are currently being raised, and the problem of integrating operational information between related information and computing systems used by Russian Railways to ensure timely fulfillment of obligations under the transportation process is being considered in detail.

**Keywords:** interoperability, transportation process, infrastructure, shipper, carrier, digitalization.

© Chernyshev K.A., Lysov G.M., Sinitsyn A.A., Kiselev A.A.

Received 03.02.2025, approved 01.03.2025, accepted for publication 01.03.2025.

For citation:

Chernyshev K.A., Lysov G.M., Sinitsyn A.A., Kiselev A.A. Dynamic model of loading of railway transport infrastructure as a driver of interoperable digital transformation of Russian Railways Holding. *Logistics and Supply Chain Management*. 2025. Vol 22, Iss 1 (114). pp. 29-40.

Chernyshev K.A. Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Transport (MIIT)», Moscow, Russia. Lysov G.M. Assistant, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Transport (MIIT)», Moscow, Russia.

Sinitsyn A.A. Student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Transport (MIIT)», Moscow, Russia.

Kiselev A.A. Student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Transport (MIIT)», Moscow, Russia.

## References

1. On approval of the classifier of locations for cargo and commercial operations on public and non-public routes : Russian Railways Order No. 1866/r dated 08/26/2021. Access from the help.-the ASPIZH local legal system. networks.
2. Cherepov O. V. Automated control systems in the carriage industry. Yekaterinburg, 2011. pp. 24-31, 57-67, 71-73.
3. Modern technological and innovative solutions aimed at increasing the throughput and carrying capacity of railway lines/V.A. Voronin, P. V. Kurenkov, I. A. Solop, E. A. Chebotareva//Transport Systems and Technologies. – 2021. – Vol. 7, No. 2. – pp. 16-29. – DOI 10.17816/transsyst20217216-29. – EDN UVABEO.
4. Mamaev, E. A. Models for optimizing the operation of the operator's car fleet / E. A. Mamaev, B. I. Alibekov // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Transport-2015», Rostov-on-Don, April 21-24, 2015 / ROSTOV STATE UNIVERSITY of RAILWAYS. Volume Part 1. Rostov-on-Don: Rostov State University of Railway Transport, 2015. pp. 162-164. - EDN VDBHVV.
5. Mamaev, E. A. On the timing of cargo delivery in conditions of active external influences on the operation of railway transport / E. A. Mamaev // Transport: science, education, production : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, April 24-26, 2024. – Rostov-on-Don: Rostov State University of Railway Transport, 2024. – pp. 103-106. – EDN CZOQXC.
6. Baginova V. V., Rakhmangulov A. N., Mishkurov P. N. Methodology for assessing the organizational structure of operational management of wagon flows on non-public tracks // Transport: science, technology, management. Scientific information collection. – 2012. – No. 2. – pp. 19-22. – EDN OXSRXJ.