



---

## **Европейская экономическая комиссия**

**Комитет по внутреннему транспорту**

**Рабочая группа по статистике транспорта**

**Семьдесят первая сессия**

Женева, 17–19 июня 2020 года

Пункт 4 предварительной повестки дня

**Статистическая деятельность и проблемы,**

**с которыми сталкиваются государства-члены**

### **Цифровая трансформация статистического мониторинга железнодорожного транспорта Российской Федерации**

**Представлено Российской Федерацией**

#### **Справочная информация**

В Приложении к настоящему документу описывается как происходит развитие статистического наблюдения Российских железных дорог (ОАО «РЖД»), в частности, с ростом использования новых технологий управления потоками данных. Он также предоставляет некоторые подробные статистические данные о железных дорогах в Российской Федерации.

## Приложение

### Статистическое наблюдение за цифровой трансформацией производственных процессов на железнодорожном транспорте

Железнодорожная сеть России является одной из крупнейших в мире. Общая эксплуатационная длина железных дорог составляет более 80 тысяч километров. Объем железнодорожных грузоперевозок в России – 3 000 млрд т-км в год, что составляет около 30% железнодорожных грузоперевозок в мире (см. рис. 1).

Рис. 1. Активы ОАО «РЖД»



#### Инфраструктура

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| Эксплуатационная длина          | 85 513 км  |
| Длина электрофицированных линий | 43 759 км  |
| Длина путей                     | 104 563 км |
| Количество станций              | 5 428      |



#### Подвижной состав

|                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| Грузовые вагоны     | более 1 000 000 |
| Пассажирские вагоны | около 40 000    |

#### Грузы

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Грузовые перевозки в 2017 | 1 261,3 млн тонн         |
| Грузооборот в 2017        | 3 176,2 млрд т-км тарифы |



#### Пассажиры

|                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| Пассажирские перевозки в 2017 | 1 118 млн               |
| Пассажирооборот в 2017        | 122,8 млрд пассажиро-км |



Управлять такими большими активами непросто. Поэтому особую важность приобретает современная статистика железнодорожного транспорта.

Всего в настоящее время в ОАО «РЖД» более 260 форм внутренней статистической отчетности и более 1060 учетных форм первичной документации, включающих более 20 тысяч показателей, охватывающих все стороны производственно-хозяйственной деятельности ж.-д. транспорта.

В настоящее время более половины действующих отчетных форм формируется в автоматизированных системах ОАО «РЖД», что направлено на исключение влияния человеческого фактора, повышение достоверности обрабатываемой информации. Для применения в условиях технологического документооборота с электронно-цифровой подписью разработаны и утверждены 112 внутренних форм первичного учета по разным хозяйствам.

Задачей сегодняшнего дня и ближайшего будущего является формирование статистических показателей на основе цифровизации производственных процессов, а понятие "Цифровая железная дорога" является основой для развития современных железных дорог как в России, так и во всём мире. ОАО " РЖД " разработало Комплексную программу инновационного развития на 2016-2020 годы.

Новые подходы, которые создают и разрабатывают по всему миру, опубликованные в работах [1-17], направлены на (см. табл. 1): увеличение скорости; увеличение объемов; снижение эксплуатационных расходов; увеличение привлекательности железнодорожного транспорта; обеспечение более высокого уровня безопасности.

Таблица 1: Глобальные тенденции в промышленности

| Исследования и инновационные решения в стадии разработки         | IPID 2020                           | Белая книга ЕС                      | Shift2Rail                          | Стратегический план ФРА США         |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Повышение безопасности на основе интеллектуальных систем         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |
| Снижение рисков, связанных с человеческим фактором               | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |                                     | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Повышение эффективности бизнеса и оптимизация логистики          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Развитие мультимодальных перевозок                               | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |
| Согласование служебных требований. "Одна остановка" ("One stop") | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |                                     |
| Разработка виртуальных и облачных клиентских сервисов            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |
| Компьютеризация и оцифровывание процессов управления перевозками | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Развитие скоростных перевозок                                    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Новый подвижной состав   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Повышение энергоэффективности                                    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Новые двигатели. Новые виды энергоресурсов                       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Упор на рациональное управление окружающей средой                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |                                     |
| Развитие инфраструктуры  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Беспилотные технологии   | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Сегодня цифровая революция затрагивает большинство сфер промышленности и повседневной жизни. Железнодорожный транспорт не исключение. Программа инноваций и развития ОАО "РЖД" включает:

- цифровые инфраструктурные модели,
- цифровые сети связи и высокоточные системы координат,
- мониторинг состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава, вычислительные средства для обработки больших объёмов данных.

Основными предпосылками перехода на цифровую железную дорогу являются:

- цифровые модели инфраструктурных активов в едином координатно-временном пространстве;
- цифровые сети связи и высокоточные системы координат на основе высокоточных спутниковых сетей позиционирования;
- постоянный мониторинг инфраструктурных активов с автоматическим генерированием скоростных ограничений и организацией технического обслуживания;
- мониторинг состояния подвижного состава на внешних и внутренних объектах с возможностью прогнозирования остаточного срока эксплуатации;

- комплекс вычислительных средств для дистанционного управления инфраструктурными активами, изменения графиков движения в режиме реального времени с учётом энергоэффективности и автоматизации отдельных операций;
- мобильные рабочие места для персонала и контроль за психофизиологическим состоянием.

На рисунке 2 представлены цифровые решения для повышения эффективности движения. Они включают использование цифровых путевых табло, цифровых систем связи, центров управления для эксплуатационных зон и бортовых компьютерных систем. Внедрение этих технологий нацелено на автоматизацию мониторинга инфраструктуры и подвижного состава, планирования, обслуживания и контроля качества, на снижение затрат, связанных со строительством объектов инфраструктуры, энергоэффективное управление движением в эксплуатационных зонах и беспилотное управление некоторыми видами подвижного состава.

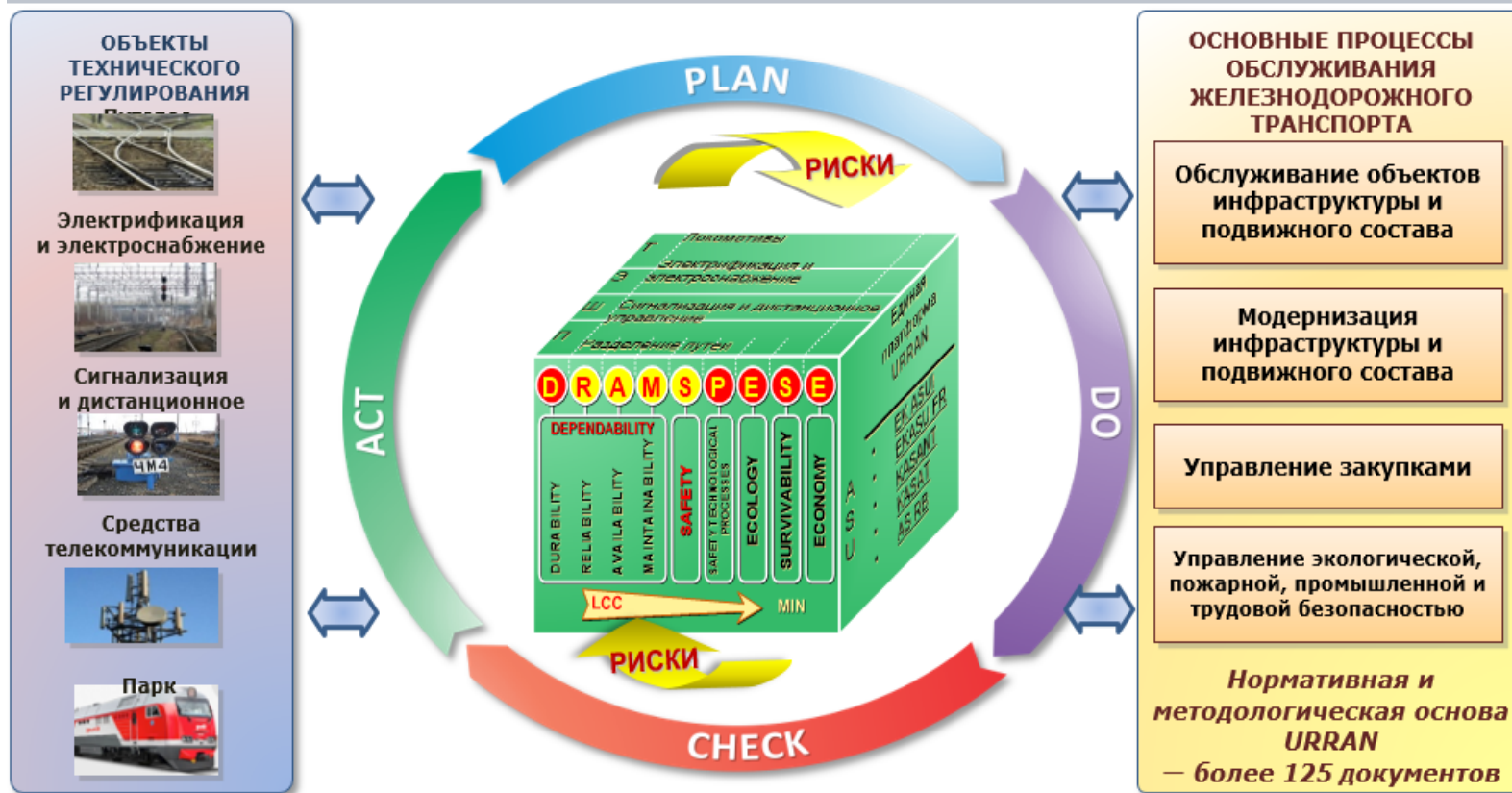
Рис. 2. Цифровые способы повышения эффективности перевозок



В России интегрированная система управления активами на основе оценки рисков (URRAN) начала внедряться в 2010 году. Она обеспечивает комплексное управление рисками, надёжностью и стоимостью железнодорожных объектов на всех этапах эксплуатационного цикла (см. рис. 3).

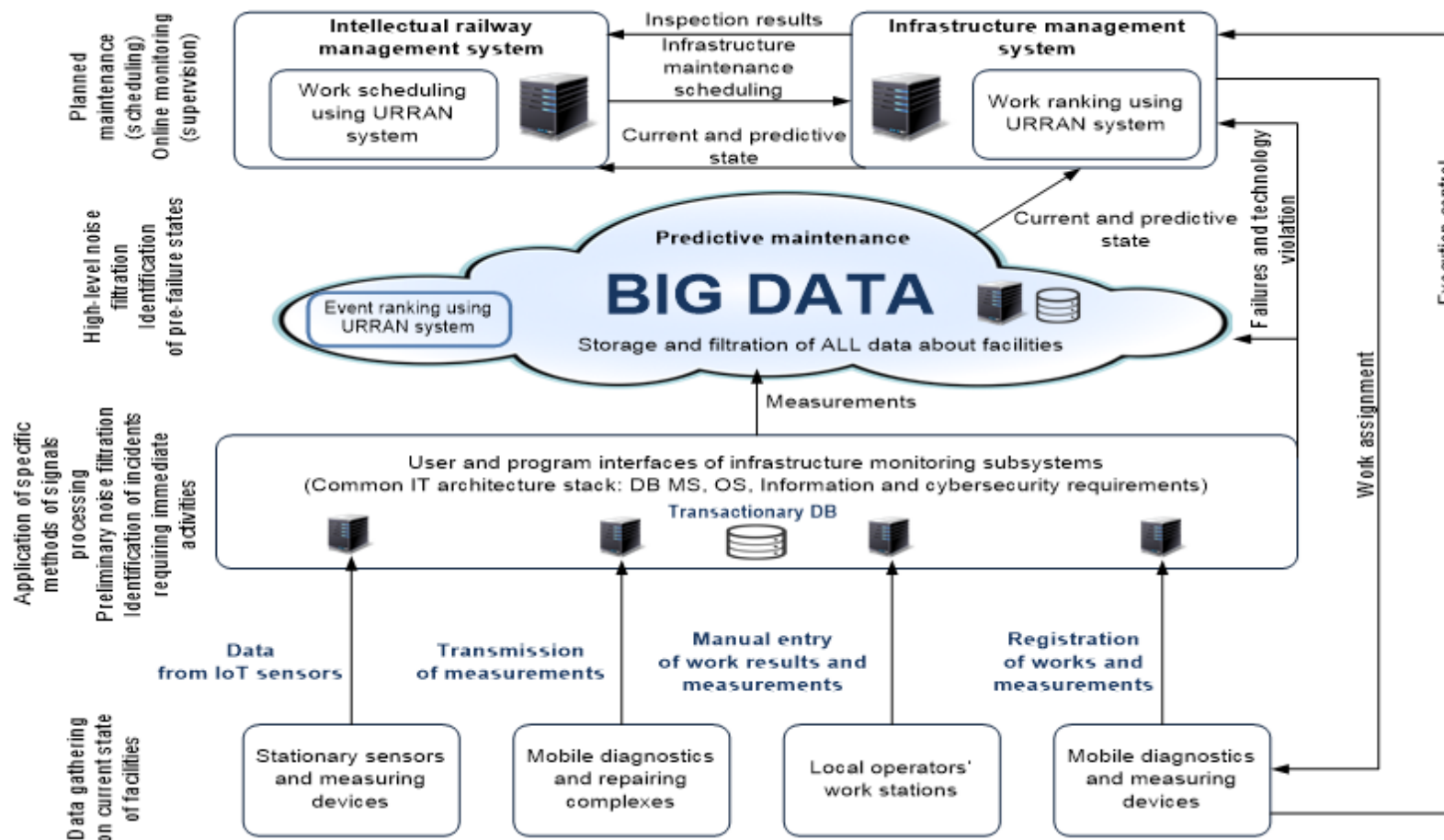
Основываясь на информации от различных типов объектов (путь, подвески, электроснабжение, сигнализация и т.д.), она поддерживает принятие решений на высшем уровне. Интегрированная система управления активами включает такие типы рисков, как индивидуальные, социальные, экологические, технические и экономические.

Рис. 3. Управление активами в ОАО «РЖД» (система URRAN)



Следующим шагом для системы управления активами является применение технологии больших данных. Здесь вы видите целевую архитектуру такой системы на основе принципов больших данных (см. рис. 4).

Рис. 4. Интегрированная система управления активами



Этот переход основан на новых цифровых бизнес-моделях с автоматизированным сбором данных с разных устройств. Это соответствует концепции Промышленного Интернета Вещей, которая становится довольно известной во всём мире (см. рис. 5).

Рис. 5. Промышленный интернет вещей



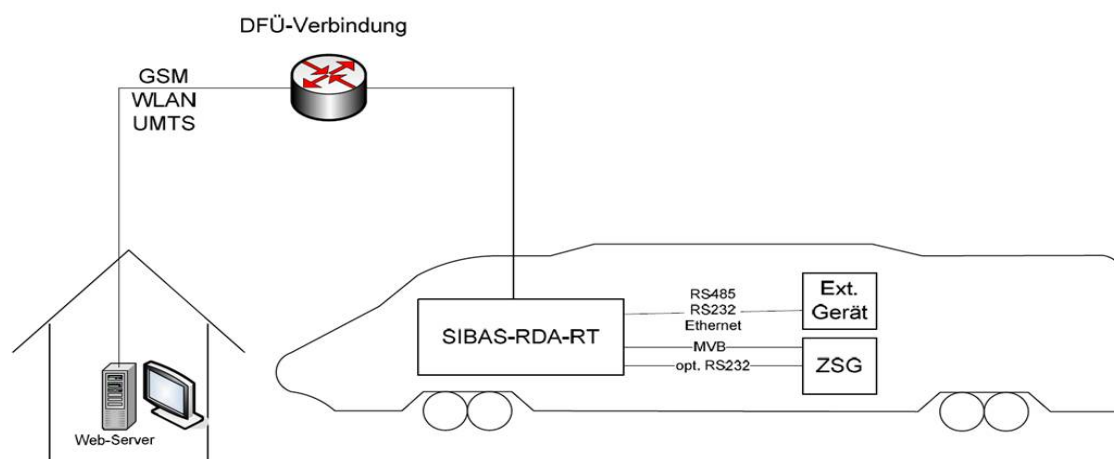


Некоторые технологии IoT проходят испытания на нескольких подразделениях и объектах РЖД. Ожидаются многообещающие результаты от беспроводных датчиков для устройств автоматизации железных дорог, таких как сигнальная система, релейные шкафы, путевое оборудование и системы обнаружения перегрева букс.

Техническое обслуживание на основе условий эксплуатации зависит от достоверной информации о состоянии железнодорожной инфраструктуры и объектов. Российские электропоезда последнего поколения, такие как Сапсан, оснащены специальными бортовыми информационно-измерительными системами. Она получает диагностическую информацию от 900 датчиков и может назначать разные «приоритеты» диагностическим сообщениям и решать, какие из них следует обработать в первую очередь.

Центральный блок управления (CCU) создает пакет диагностических данных, который передаётся на сервер с помощью GSM. Передача происходит каждые 3 часа в автоматическом или ручном режимах. Сообщениям о диагностике присваиваются «приоритеты». Сообщения с высоким приоритетом обрабатываются как можно раньше, сообщения с более низким приоритетом встают в очередь на обработку, когда поезд отправляется на текущее обслуживание. Система обработки и передачи данных диагностики RRSD дополняет наблюдения, записанные в журналах TU-152 и TU-28. (см. рис. 6).

Рис.6. Передача диагностических данных на веб-сервер X-Train



Одним из оснований для оцифровки железных дорог является развёртывание общего высокоточного координатного пространства над железнодорожной сетью (см. рис. 7).

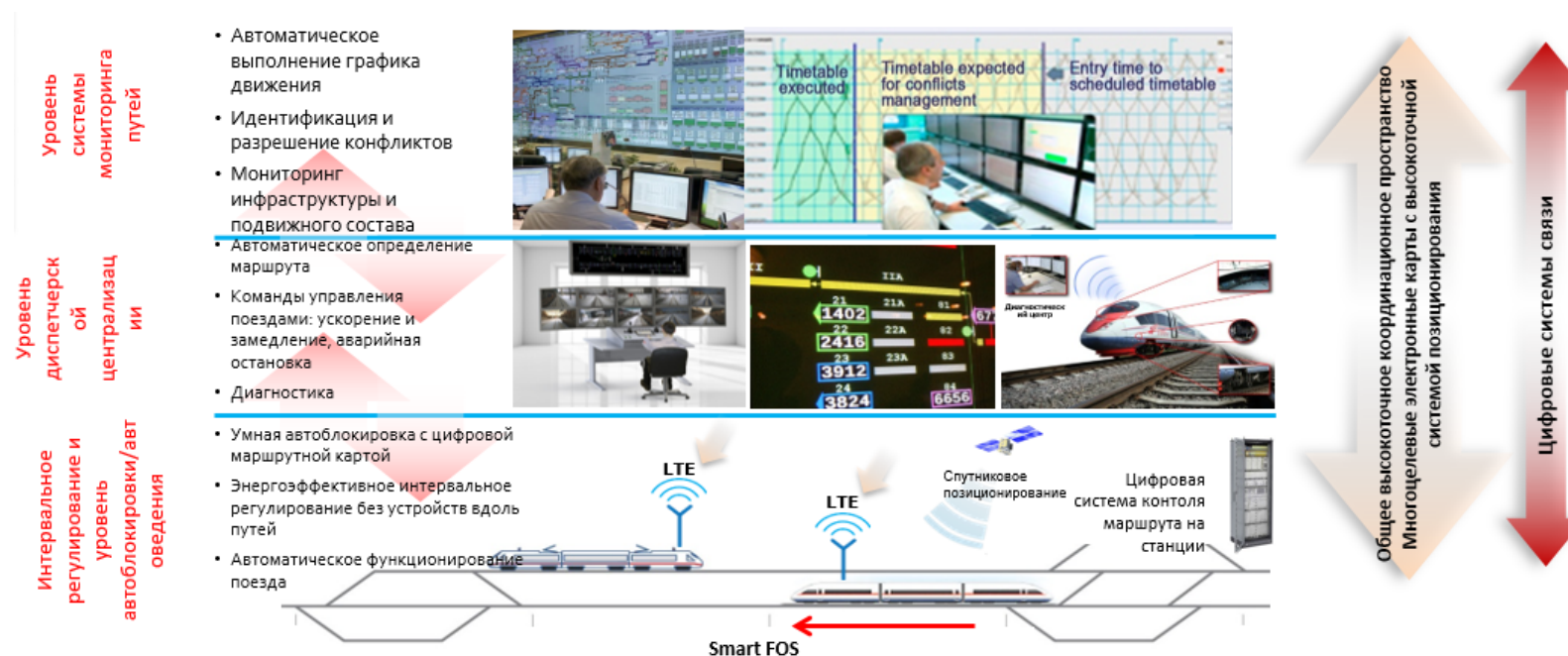
Рис. 7. Высокоточная координационная сеть



Для успешной реализации таких технологий необходима зрелая геоинформационная система. Высокоточная координационная сеть, работающая в России, имеет протяжённость более 6000 км. Она поддерживает все виды деятельности, связанные с проектированием, строительством и ремонтом, а также управление движением и автоблокировку.

Систему управления движением можно представить в виде трёхуровневой системы. На нижнем уровне инфраструктурные объекты сокращаются и используются новые широкополосные системы цифровой связи (см. рис. 8).

Рис. 8. Интегрированное управление движением

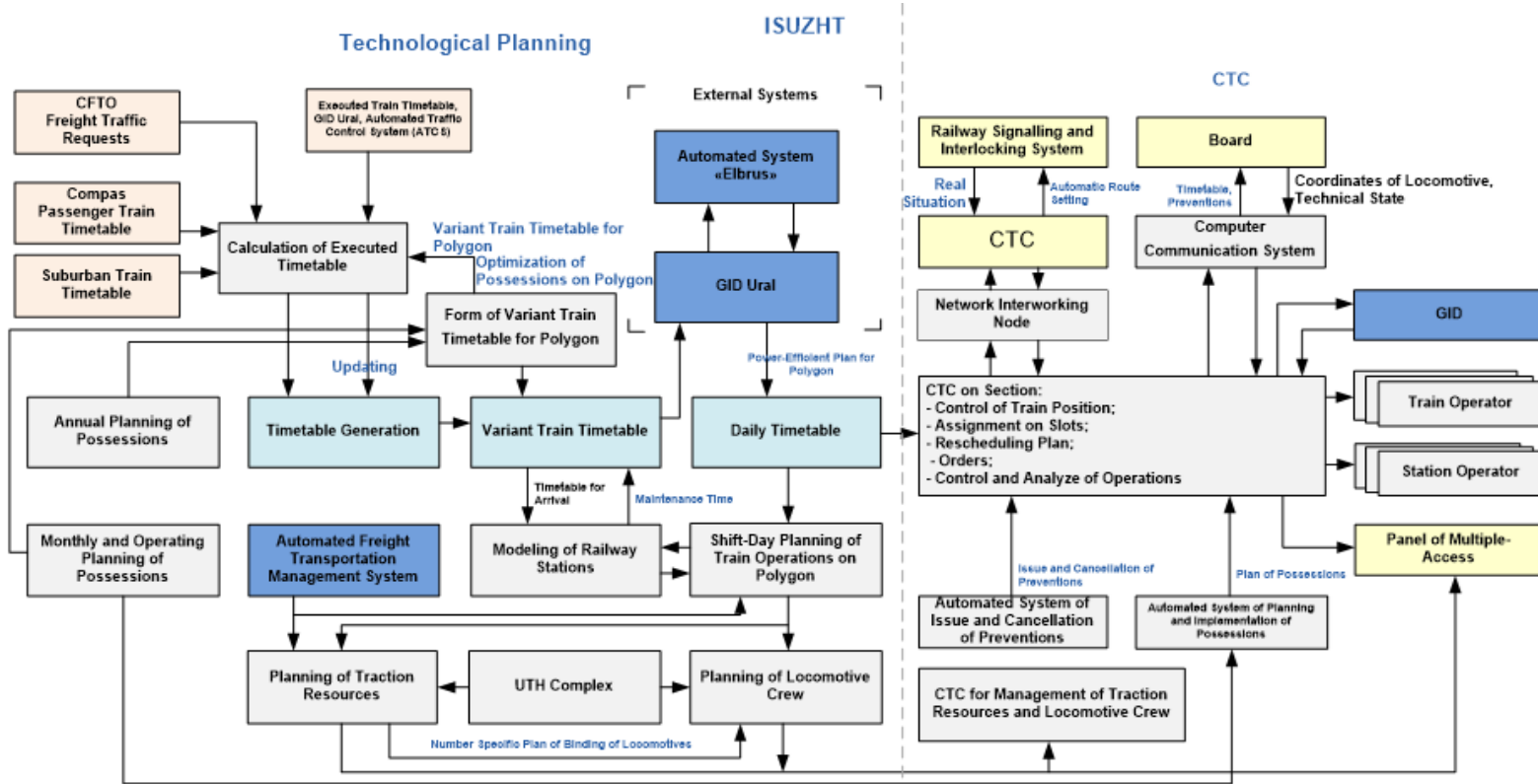


Средний уровень позволяет автоматически настраивать маршрут на станции из центра управления и мониторинга инфраструктуры из подвижного состава.

Самый верхний интеллектуальный уровень позволяет выполнять автоматический график движения, идентифицировать и разрешать конфликты.

Взаимодействие программных компонентов интеллектуальной системы управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ) начинается на стадии планирования, централизованной автоматизацией управления движением и заканчивает формирование отчётности. На рисунке 9 показаны входные данные, необходимые для создания ежедневного расписания.

Рис. 9. Программные комплексы ИСУЖТ



Услуги пассажирских перевозок на основе цифровых технологий включают в себя планирование поездок, покупку билетов и передачу данных в реальном времени в железнодорожных комплексах и в поездах. Их можно реализовать с помощью мобильных устройств различных стандартов цифровой связи и соответствующих функциональных приложений.

Безбумажные технологии должны быть реализованы для грузовых перевозок для поддержки многоагентного взаимодействия между всеми участниками транспортного процесса. Она включает:

- таможенные процедуры;
- подготовку и передачу в локомотив необходимой документации;
- адаптивное и ориентированное на потребителя управление движением.

Цифровые услуги также полезны для подразделений РЖД с точки зрения прогнозной аналитики, моделирования инфраструктуры и другого.

Данные из разных областей деятельности ОАО «РЖД» обрабатываются и интегрируются для обеспечения бесперебойной работы.

Московское центральное кольцо – хороший пример интегрированной реализации цифровых технологий (см. рис. 10).

Рис. 10. Московское центральное кольцо – «Московское цифровое кольцо»





Цифровизация всей проектной документации для систем сигнализации и создание высокоточной системы координат позволяют максимально сократить количество операций, выполняемых человеком.

В настоящее время разрабатывается проект по созданию центра обработки данных на основе технологий Больших данных и Промышленных интернет-технологий.

Использование спутниковой навигации (см. рис. 11) в настоящее время является частью цифровизации железных дорог. Имеется широкий ассортимент приложений, который включает в себя множество областей; вот лишь некоторые из них:

- логистика;
- мониторинг железнодорожной инфраструктуры;
- проектирование, строительство и ремонт путей;
- отправление поездов и оптимизация движения;
- автоблокировка и интервальное регулирование;
- формирование отчётности без первичных документов.

Применение спутниковой навигации для сигнализации является недорогим и требует меньшего количества путевого оборудования. Однако важнейшим вопросом остаются безопасность и точность позиционирования.

Рис. 11. Применение спутниковых технологий



Как уже упоминалось, высокоточная координатная сеть является одной из основ цифровой железной дороги. Она открывает новые возможности для управления активами на железных дорогах, а также для сигнализации. Эксперты РЖД активно участвуют в разработке методов проектирования, строительства и ремонта путей, используя абсолютную систему координат.

Концепция цифровой железной дороги тесно связана с полностью автоматическими и автономными поездами. В ОАО «РЖД» активно развивают эту технологию, и прототипы уже проходят испытания на нескольких пробных площадках. Мы считаем, что необходимо разработать специальные стандарты и требования к различным типам поездов. Было выбрано 5 категорий поездов с различными целями, требованиями и уровнями автоматизации для каждой.

Самым сложным элементом железнодорожного хозяйства является железнодорожная станция. Поэтому автоматизация её работы с одновременным формированием достоверно и своевременной статистической отчетности является приоритетной задачей. На рисунке 12 представлен набор показателей действующей в ОАО «РЖД» отчетности для оценки работы сортировочных станций. На примере станции Санкт-Петербург сортировочный. Все эти показатели автоматизировано формируются на основе сообщений, передаваемых дежурным персоналом в автоматизированные системы управления. На примере самой современной станции Лужская рассмотрим предпосылки для автоматического формирования отчетности и исключения влияния на достоверность так называемого человеческого фактора.

Рис. 12. Аналитическая справка о работе сортировочных станций ДО-24ВЦ

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Год:</b> 2018  | Техническая подготовка состава (В) - 0,49   | Техническая подготовка состава (В) - 0,80        |
| <b>Месяц:</b> Май   | Ожидание обработки - 0,06   | Ожидание обработки - 0,13                        |
| <b>Дорога:</b> ОКТ  | Обработка состава - 0,43  | Обработка состава - 0,67                         |
| <b>Станции:</b> СПБ-СОРТ-МОС  | Ожидание локомотива (Т) - 0,59  | Ожидание локомотива - 2,87                       |
| <b>Прибыло поездов</b> - 115  | Обеспечение поезда тормозами (Т, В) - 0,69  | Обеспечение поезда тормозами - 0,71              |
| <b>Отправлено поездов</b>   | Ожидание отправления (Д) - 0,20   | Ожидание отправления - 0,25                      |
| Всего - 108   | Обработка состава для транзитного вагона без переработки, проследовавшего гарантийный участок - 0,51    | <b>Задержано на подходах по неприему</b>         |
| <b>В т.ч.</b> своего формирования - 103   | <b>Простой транзитного вагона с переработкой</b>  | Поездов - 0                                      |
| <b>Вагонооборот</b> - 12367   | Всего - 15,50   | Кол. Часов - 87                                  |
| <b>Количество транзитных вагонов</b>  | От прибытия до начала расформирования - 2,15  | <b>Количество отмененных и сорванных поездов</b> |
| С переработкой - 5892   | Закрепление и ограждение состава (Д) - 0,44   | Всего - 0  |
| Без переработки - 246   | Техническая подготовка состава - 0,49   | по вине службы ДД - 87                           |
| <b>Рабочий парк вагонов - 4216</b>  | в т.ч. ожидание обработки - 0,17  | по вине службы Т - 0                             |
| <b>Количество отцепленных вагонов от готовых поездов своего формирования и транзитных</b> | в т.ч. обработка состава - 0,32   | по вине службы В - 0                             |
| По техническим неисправностям - 0   | Ожидание расформирования (Д) - 1,22   | по вине службы Э - 0                             |
| По коммерческим неисправностям - 1  | Расформирование (Д) - 0,29  | по вине службы Ш - 0                             |
| <b>Переработка вагонов на горке</b>   | Простой в сортировочном парке (Д) - 7,85  | по вине службы С - 0                             |
| Четная система - 3215   | Накопление - 6,34   | по вине службы П - 0                             |
| Нечетная система - 4203   | Ожидание формирования (перестановки) - 0,61   | по вине службы Л - 0                             |
| <b>Простой транзитного вагона без переработки</b>   | формирование и перестановка - 0,89  | по вине службы М - 0                             |
| Всего - 2,42  | <b>Простой транзитного вагона с переработкой</b>  | по вине службы НКИ - 0                           |
| Простой вагонов в задержанных в продвижении составах - 0,00                               | Простой от окончания формирования состава или перестановки его в парк отправления до отправления - 5,21 | По вине службы ИВЦ - 0                           |
| Простой без учета вагонов в задержанных в продвижении составах - 2,42                     | Закрепление и ограждение состава (Д) - 0,59   | Неприем поездов соседними дорогами - 0           |
| Закрепление и ограждение состава (Д) - 0,46   |   | Прочие причины - 0                               |

Следующим шагом по введению цифровых элементов управления является полное дистанционное управление поездами диспетчером. Институт проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по управлению маневровыми локомотивами на станции Лужская. Этот проект начался в 2015 году, и теперь у нас есть 3 автономных локомотива.

На основании динамического имитационного моделирования всех производственных процессов, происходящих на станции, автоматически строится суточный график исполненной работы (см. рис. 13, 14, 15).

Рис. 13. Динамическое отображение процесса расчёта

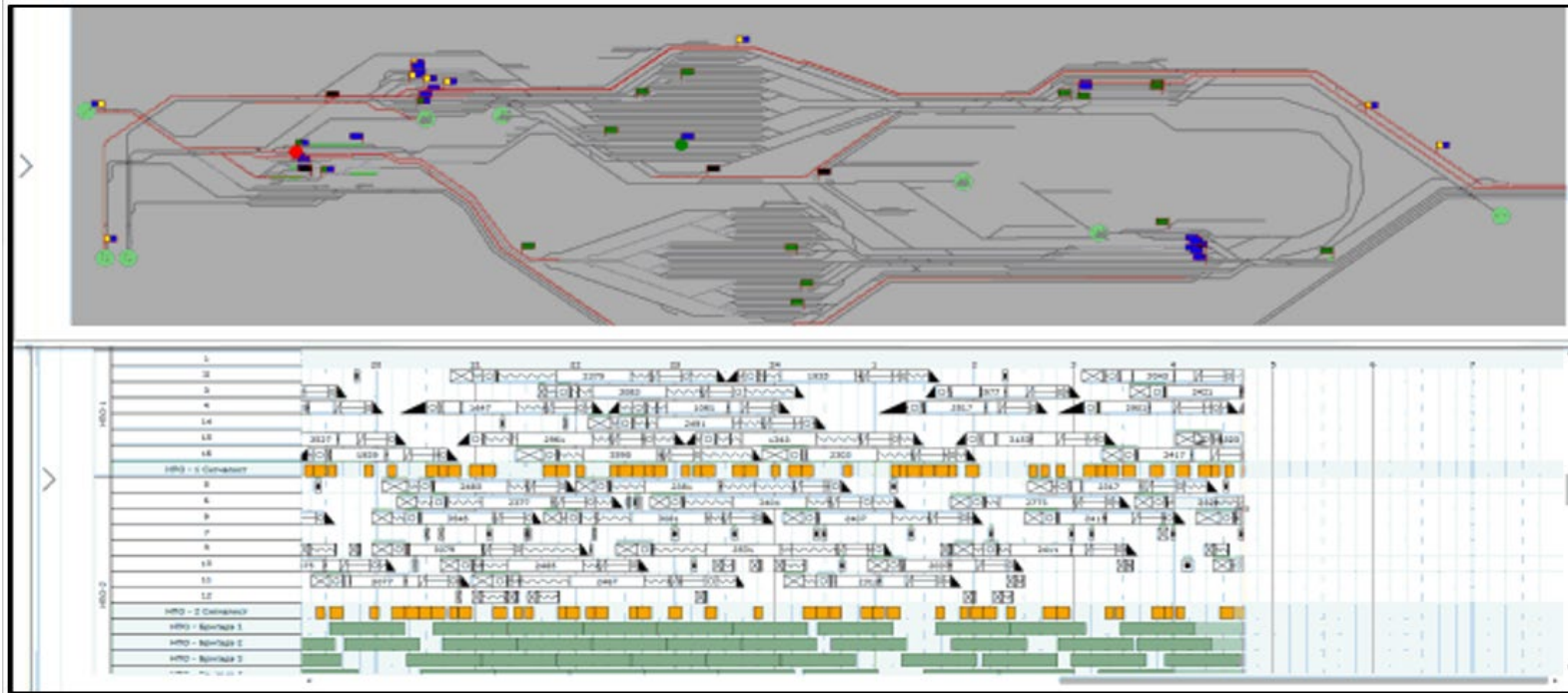




Рис. 14. Визуализация процесса расчёта – график работы станции

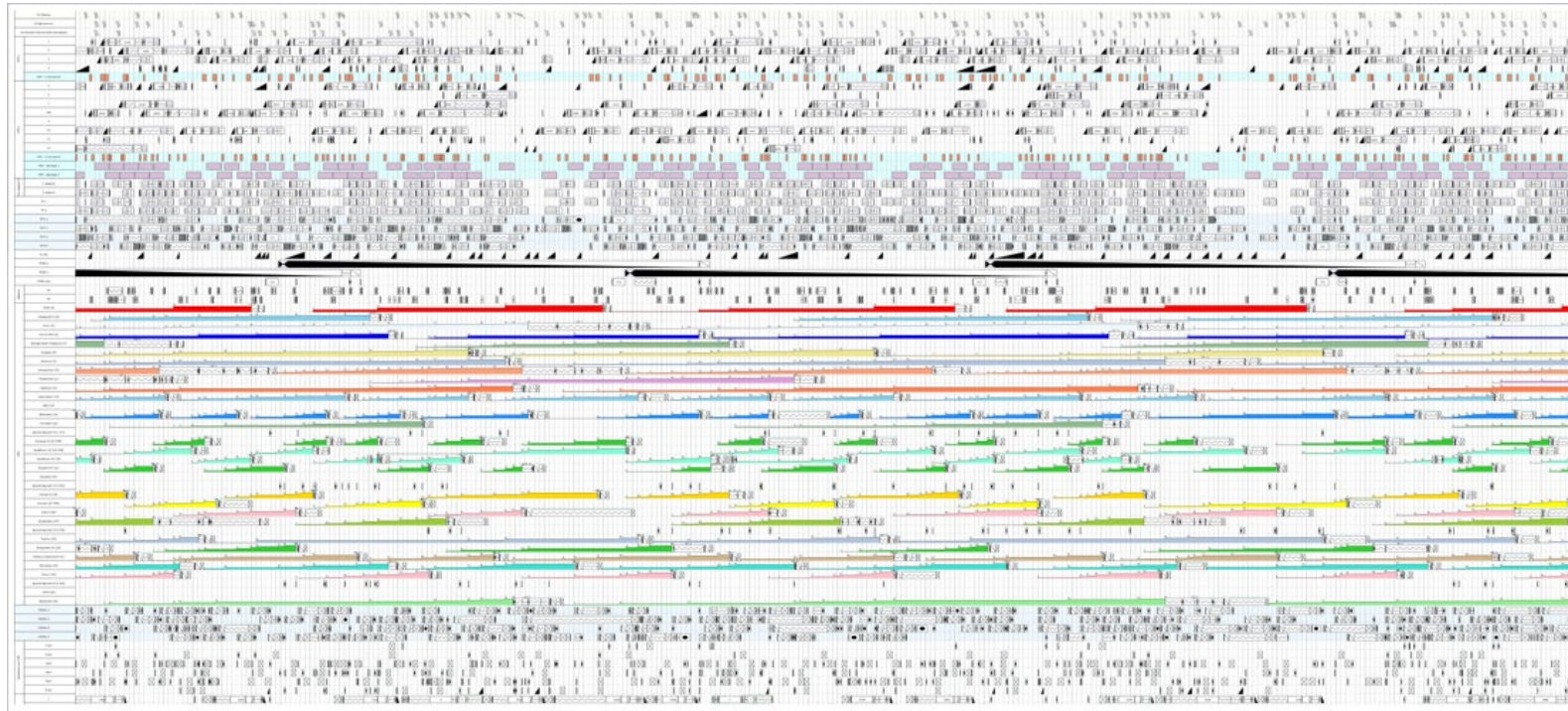
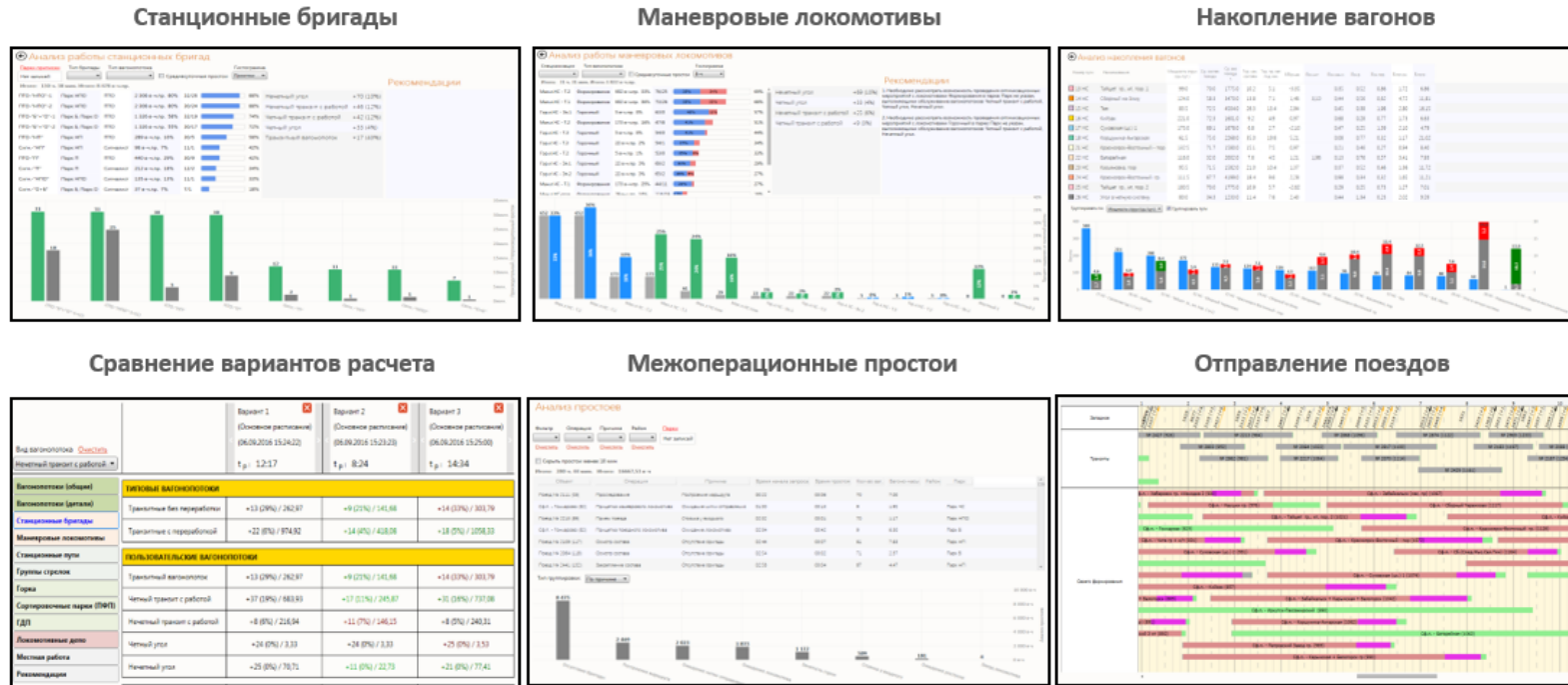


Рис. 15. Аналитическая отчётность



На его основе автоматически формируется статистическая отчетность о работе станции. Таким образом, мы будем иметь достоверную и своевременную статистическую отчетность, а также необходимые инструменты для эффективного управления перевозочным и другими производственными процессами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубнова Г.В., Зенкин А.А., Куренков П.В., Астафьев А.В., Куприяновский В.П. Транспортные коридоры и оси в цифровой транспортной системе // Транспорт: наука, техника, управление: Сб. ОИ / ВИНТИ. - 2017.- № 7.- С.11-20.
2. Бубнова Г.В., Куренков П.В., Некрасов А.Г. Цифровая логистика и безопасность цепей поставок // Логистика.- 2017.- № 7.- С.46-50.
3. Костюк Б.С., Куренков П.В., Нехаев М.А., Иванов А.П. Модернизация сортировочных станций на железных дорогах Северной Америки // Железнодорожный транспорт.- 2015.- № 3.- С.74-77.
4. Костюк Б.С., Куренков П.В., Нехаев М.А., Рувинов И.Р. Модернизация сортировочных станций в Северной Америке // Железнодорожный транспорт.- 2014.- № 11.- С.71-75.
5. Котляренко А.Ф., Куренков П.В. Взаимодействие на транспортных стыках при внешнеторговых перевозках // Железнодорожный транспорт.- 2002.- № 2.- С.48-52.
6. Куприяновский В.П., Куренков П.В., Бубнова Г.В., Дунаев О.П., Синягов С.А., Намиот Д.Е. Экономика инноваций цифровой железной дороги. Опыт Великобритании // International Journal of Open Information Technologies.- 2017.- Том 5, № 3.- С.79-99.
7. Куренков П.В., Нехаев М.А. Задачи ситуационно-процессного управления сортировочной станцией // Железнодорожный транспорт.- 2012.- № 4.- С.29-31.
8. Куренков П.В., Нехаев М.А. Моделирование работы сортировочной станции в интеллектуальной системе управления перевозками // Железнодорожный транспорт.- 2012.- № 9.- С.20-22.
9. Куренков П.В., Нехаев М.А. Применение форсайт-технологий для повышения эффективности работы сортировочной станции // Железнодорожный транспорт.- 2013.- № 4.- С.25-28.
10. Нехаев М.А., Куренков П.В., Мартыничук В.А. Ситуационно-логистическая система управления перевозочным процессом // Логистика и управление цепями поставок.- 2008.- № 5(28).- С.25-35.
11. Полянский, Ю.А. Дорожный центр ситуационного управления. Проблема создания и функционирования / Ю.А. Полянский, П.В. Куренков // Экономика железных дорог.- 2003.- № 1.- С.51-66.
12. Полянский, Ю.А. Топологическое моделирование взаимодействия хозяйств железной дороги / Ю.А. Полянский, П.В. Куренков // Транспорт: наука, техника, управление: Сб. НТИ / ВИНТИ РАН.- 2003.- № 7.- С.8-18.
13. Соколов И.А., Куприяновский В.П., Дунаев О.Н., Синягов С.А., Куренков П.В., Намиот Д.Е., Добрынин А.П., Колесников А.Н., Гоник М.М. Прорывные инновационные технологии для инфраструктур. Евразийская цифровая железная дорога как основа логистического коридора нового Шелкового пути // International Journal of Open Information Technologies.- 2017.- Том 5, № 9.- С.102-118.
14. Филипченко С.А., Куренков П.В., Беспалова Н.А., Медведева Н.Л. Электронизация учёта вагонных парков - важный шаг к интеллектуализации управления эксплуатационной работой // Вестник транспорта.- 2015.- № 8.- С.32-41.

15. Филипченко С.А., Куренков П.В., Медведева Н.Л., Беспалова Н.А. Автоматизированный мониторинг парка грузовых вагонов // Железнодорожный транспорт.- 2015.- № 8.- С.14-18.

16. Филипченко С.А., Ледеяева Н.В., Куренков П.В. Современная технология учёта и мониторинга парка грузовых вагонов // Железнодорожный транспорт.- 2016.- № 2.- С.58-63.

17. Овсянников И.А., Куренков П.В. Дорожный ситуационно-логистический центр управления хозяйствами ОАО «РЖД».- Логистика сегодня.- 2004.- № 5. -С.20-30.

**Розенберг Е.Н.** – первый заместитель генерального директора ОАО «НИИАС»

**Филипченко С.А.** – руководитель научно-технического комплекса ОАО «НИИАС» - спикер

**Игнатъева Н.В.** – начальник отдела Управления анализа и статистики Департамента информатизации ОАО «РЖД»

---