Беспилотные поезда: реальность или мечта?

Панельная дискуссия

АО «НИИАС»

65 1956–2021 РЖД НИИАС

Проекты ОАО «РЖД» в области беспилотного движения

2015

Идея проекта

2017

Начало испытаний маневрового локомотива

2019

Начало испытаний первого пригородного электропоезда GoA3

2020

Начало испытаний второго пригородного электропоезда GoA3+

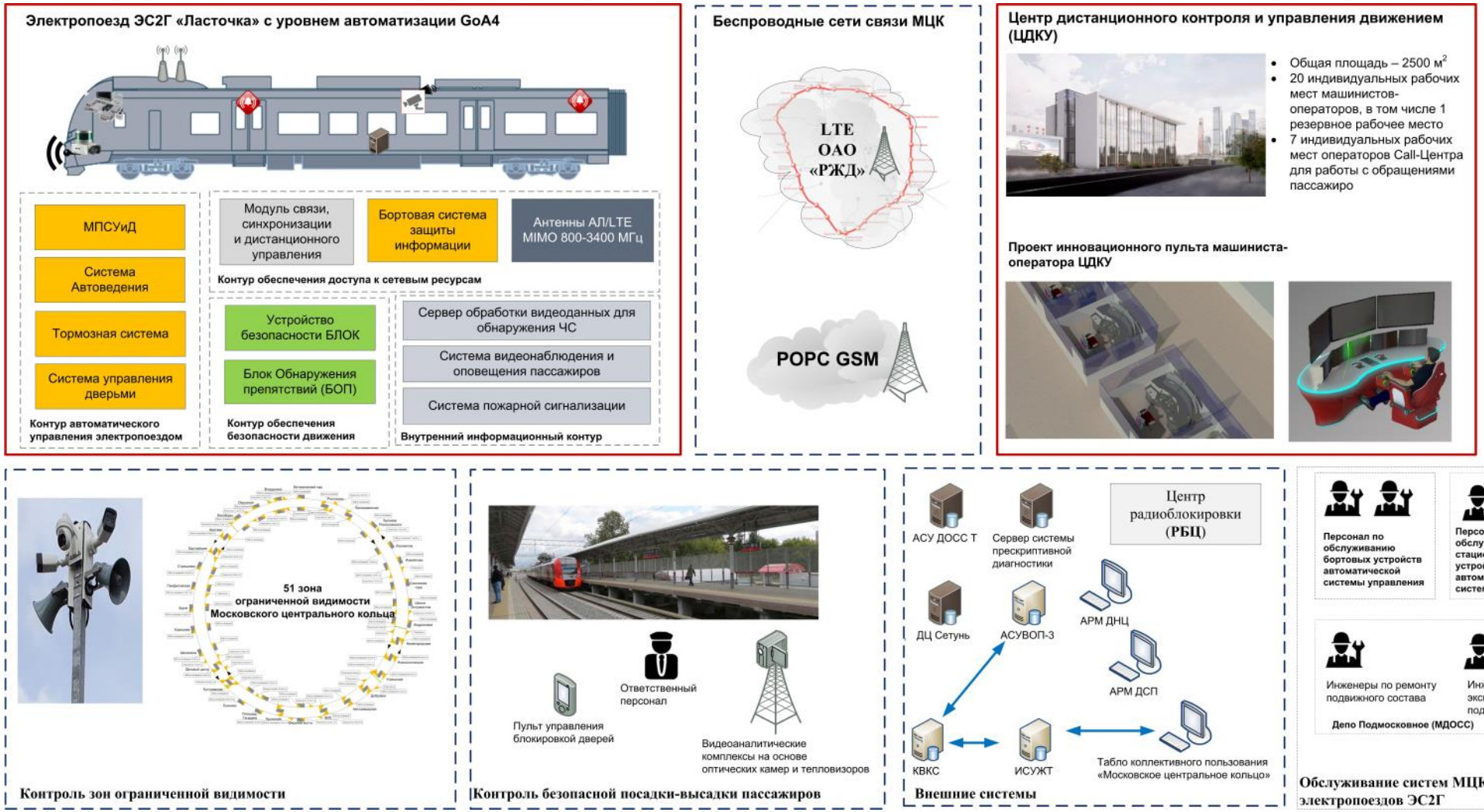
2021

Начало эксплуатации второго пригородного электропоезда GoA3+

2022

Начало испытаний электропоезда GoA4

Архитектура системы автоматического управления электропоездами в соответствии с GoA4



1956–2021 НИИАС

Требования к системе технического зрения беспилотного поезда и возможности человека

Острота зрения - это мера пространственного разрешения системы обработки изображений.

Формула для расчета дальности обнаружения:

$$D = \frac{L}{2 * tg\, {}^{\alpha}/_{2}}$$

Препятствие	Максимальный размер, m	Дистанция обнаружения, m в дневное время	Дистанция обнаружения, m в ночное время
Взрослый	1,7	1172	584
Ребенок	1,2	827	412
Крупный рогатый скот	2	1337	687
Маленькое животное	0,5	344	172
Машина	4	2759	1374
Велосипед	2	1337	687
Статическое препятствие 0,7*0,7m	0,7	483	240
Статическое препятствие 0,3*0,3m	0,3	207	103

Бортовые системы машинного зрения. Общие технические требования
(Распоряжение ОАО «РЖД» от 30.03.2021 № 651/Р)

Наименование объекта		Угроза объекту	Угроза подвижному составу
Группа объектов	Подгруппа объектов		
Человек	Взрослый человек	Да	Возможна
	Ребенок	Да	Нет
Животное	Крупное животное (корова, лошадь, лось и т.п.)	Да	Возможна
	Среднее и мелкое животное (кошка, собака и т.п.)	Да	Нет
Железнодорожный транспорт	Локомотив, вагон, ССПС, МВПС	Да	Да
Автомобильный транспорт	Автомобиль, мотоцикл	Да	Да
	Велосипед	Да	Нет
Статическое препятствие	Строительные конструкции, поваленные деревья и столбы, прочие крупные препятствия (более 0,5 м^2 в поперечном сечении в плоскости, перпендикулярной рельсовому пути)	Нет	Да
	Коробки, кусты, части строительных конструкций, прочие препятствия среднего размера (от 0,1м^2 до 0,5м^2 в поперечном сечении в плоскости, перпендикулярной рельсовому пути)	Нет	Возможна
	Тормозной башмак	Нет	Да
	Камень, кирпич	Нет	Возможна
	Коробки, доски, пакеты, прочие препятствия мелкого размера (менее 0,1м^2 в поперечном сечении в плоскости, перпендикулярной рельсовому пути)	Нет	Нет
Дефект инфраструктуры	Излом рельса	Нет	Да
	Обрыв контактного провода	Нет	Да
Природное явление	Подтопление путей	Нет	Да
	Снежный покров выше уровня головки рельса	Нет	Возможна
	Пожар	Нет	Да
	Оползень, сель	Нет	Да

65 1956–2021 РЖД НИИАС

Структура бортового оборудования

Инфракрасные камеры с системой очистки

8 оптических камер за лобовым стеклом

Лидары с системой очистки

Ультразвуковые датчики

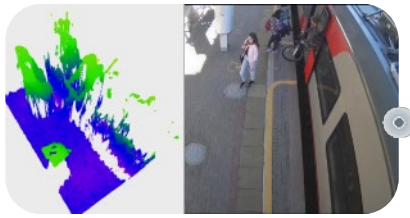
- Передовой набор оптических камер для разных зон контроля
- Системы очистки датчиков
- Современная система локализации
- Оптическая камера на крыше для контроля пантографа
- Улучшенная высокопроизводительная платформа для обработки информации от датчиков

65 1956–2021 НИИАС

Центр дистанционного контроля и управления

Стационарные комплексы обнаружения препятствий

Сеть связи LTE ОАО «РЖД»



Система безопасной посадки-высадки пассажиров

Инфра-структура

Электропоезд ЭС2Г «Ласточка» (GoA4)

Новые профессии

Машинист-оператор

Обеспечивает мониторинг работы группы из четырех электропоездов в автоматическом режиме управления

Старший машинист-оператор

Обеспечивает мониторинг работы группы из четырех машинистов-операторов. При необходимости подменяет машиниста-оператора

Оператор по работе с обращениями пассажиров

Обеспечивает взаимодействие по голосовой связи с пассажирами на электропоездах и остановочных пунктах

Начальник смены ЦДКУ

Обеспечивает оперативное управление сменой ЦДКУ и взаимодействие с диспетчерами смежных служб

Обеспечение минимальных задержек (не более 300 мс) при передаче видеоизображения для машиниста-оператора при дистанционном управлении

Реализация механизмов адаптации параметров видеокодека к текущим характеристикам каналов связи

Баланс между частотой кадров и разрешением изображения

Методы испытаний беспилотных поездов

Видимость – это параметр, который можно измерить!

Условия видимости	Параметр, м	Примеры
Нормальные	Видимость > 2000	Небольшие осадки или лучшие условия
Ограниченные	200< видимость <2000	Легкий туман, снег, сильная дымка
Недостаточные	видимость < 200	Сильный туман, сильный снегопад

Требования к обнаружению препятствий устанавливаются с учетом условий видимости

Устройство измерения видимости

Тип климата

Ясно, Пасмурно, Дождь, Мокрый снег, Снег, Град, Туман

Время дня

Утро
День
Вечер
Ночь

Форма пути

Прямой
Изгиб
Спуск
В гору

Особенность ТПС

Ускорение
Замедление
Постоянная скорость
Остановка

Состояние пути

Сухой
Влажный
В воде

Оборудование для испытаний на полигоне

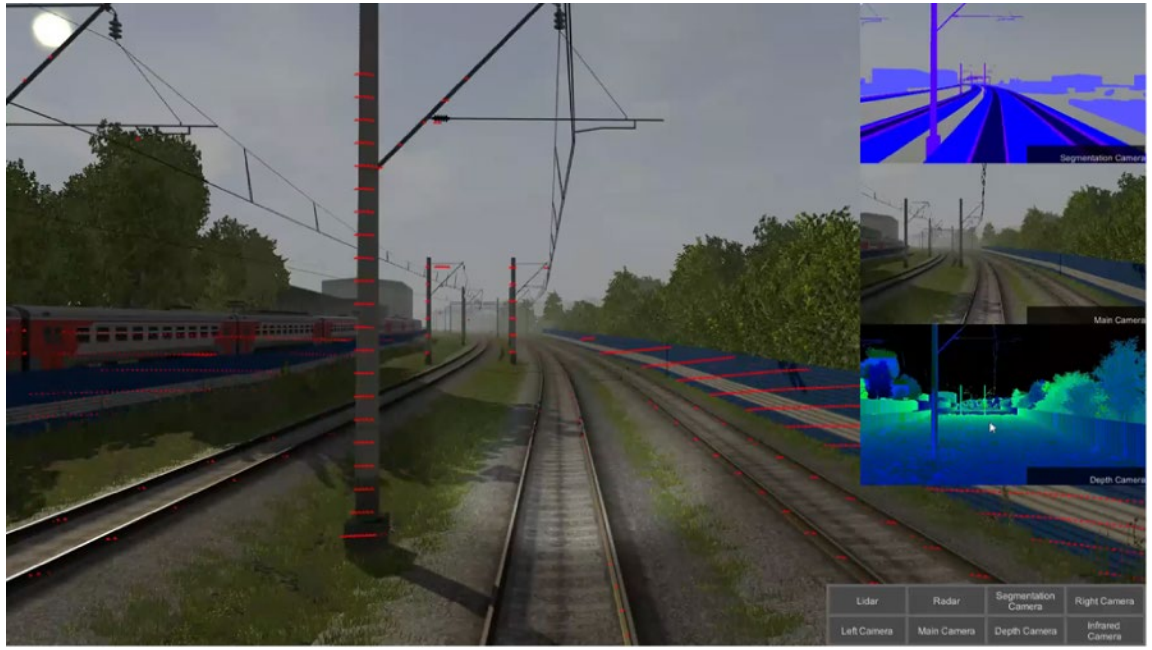
- Люксометр
- Датчик видимости
- Рефлектометр (опционально)
- Набор манекенов

65 1956–2021 НИИАС

Методы испытаний беспилотных поездов

Где пути? Какие препятствия необходимо обнаруживать?

Виртуальный полигон – как средство тестирования систем технического зрения



ПКБ ЦТ ОАО «РЖД»

НИИАС

- Разработаны цифровые модели датчиков системы технического зрения для применения в виртуальном окружении
- Тестирование алгоритмов блока обнаружения препятствий на виртуальном полигоне
- Формирование технического фундамента для создания тренажеров для обучения машинистов-операторов

Легко тестируются редкие и сложные явления: ливни, метели и резкие блики в разное время дня и ночи, с разными состоянием рельсов и окружающей средой

Тестирование алгоритмов обработки данных для различных датчиков

Тестирование поведения системы в опасных ситуациях

65 1956–2021 НИИАС

Достигнутые результаты

Ключевые результаты

- **Электропоезд GoA3+ проехал более 5000 км в режиме автоматического управления по главным путям Московского центрального кольца**
- **Реализован прототип полнофункциональной системы автоматического управления беспилотным движением**
- Реализована интеграция электропоезда с интеллектуальной системой безопасной посадки-высадки пассажиров, стационарными комплексами обнаружения препятствий, центром дистанционного контроля и управления
- Наличие высокоточной системы позиционирования
- Реализована автоматическая очистка сенсоров электропоезда на основе данных блока обнаружения препятствий
- Внедрена оптическая камера на крыше для визуального контроля пантографа

не менее **600** метров — обнаружение объектов

от **5** LUX — освещение на полигоне

от **100** см — высота манекенов

65 1956–2021 РЖД НИИАС

Нормативное регулирование

Российские железные дороги

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Минтранс России

НАМИ

РАБОЧАЯ ГРУППА ОАО «РЖД»

СНЯТИЕ ПРЯМЫХ ЗАПРЕТОВ

ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В АВТОМАТИЧЕСКОМ И ДИСТАНЦИОННОМ РЕЖИМАХ

- Анализ действующей нормативной базы РФ прямых запретов **НЕ ВЫЯВИЛ**
- Для начала эксплуатации электропоездов в автоматическом режиме необходимо получение сертификата соответствия обязательным требованиям **ТР ТС 001/2011**

МЕЖВЕДОМСТВЕННАЯ РАБОЧАЯ ГРУППА ПРИ МИНТРАНСЕ РОССИИ

СНЯТИЕ КОСВЕННЫХ НОРМАТИВНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В АВТОМАТИЧЕСКОМ И ДИСТАНЦИОННОМ РЕЖИМАХ

- Внесение изменений в ПТЭ, предусматривающие возможность автоматического и дистанционного управления железнодорожным подвижным составом
- Внесение изменений в Положение о порядке служебного расследования и учета транспортных происшествий *(утверждено приказом Минтранса России от 8 июля 2008 г. № 97)* для возможности реализации движения на МЦК с 3-х минутным интервалом

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С АНО «РОБОПРАВО» (РАБОЧАЯ ГРУППА ПРИ ГОС.ДУМЕ РФ)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ФГУП «НАМИ»

ПОДДЕРЖИВАЮЩАЯ НОРМАТИВНАЯ БАЗА

- Установление терминологии
- Разработка основных технических и функциональных требований
- Установление порядка работы в ОАО «РЖД» (по результатам утверждения программы и методики подконтрольной эксплуатации, руководства по эксплуатации систем управления железнодорожным подвижным составом в автоматическом режиме)
- Разработка профессиональных стандартов

КООРДИНАЦИЯ РАБОТ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ ПЛАНОМ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО НОРМАТИВНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ РЕАЛИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВНЕДРЕНИЮ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ В ПЕРИОД 2019 – 2022 ГГ.
(РАСПОРЯЖЕНИЕ ОАО «РЖД» ОТ 25 МАРТА 2020 Г. № 675/Р)

Спасибо за внимание

65 1956–2021 НИИАС