Разработка и внедрение гибридной системы управления движением на Московском центральном кольце

АО «НИИАС»

Цели внедрения гибридной системы управления движением на МЦК

Цели проекта:

- Реализация алгоритмов интервального регулирования движения с уменьшенными интервалами попутного следования поездов (до 3 мин. и менее) за счет применения технологии радиоблокировки на имеющейся напольной инфраструктуре МЦК.

Задачи проекта:

- Переход на новейшие принципы управления движением поездов
- Повышение уровня безопасности движения
- Сокращение стоимости внедрения при модернизации линий за счет минимизации напольного оборудования и кабельных сетей
- Обеспечение высокотехнологичного процесса железнодорожных перевозок
- Повышение пропускной способности линий и увеличение объема перевозок
- Реализация технологии гибкого восстановления графика движения

Основание для реализации проекта

- Поручение генерального директора – председателя правления ОАО «РЖД» Белозёрова О.В. о необходимости реализации пилотного проекта системы интервального регулирования на Московском центральном кольце (семинар от 16.07.2018г. по теме «Интервальное движение»)

- Поручение первого заместителя генерального директора ОАО «РЖД» Краснощека А.А. №1208/р от 07.06.2018г. «Об организации пассажирского движения поездов на Московском центральном кольце с сокращенным интервалом до 4-х минут в часы пик»

- Поручения первого заместителя генерального директора ОАО «РЖД» Краснощека А.А. к № ИСХ-9891 «О развитии Московского центрального кольца»

- Распоряжение о назначении головной организации по реализации комплексной технологии интервального регулирования движения поездов от 25.09.2018г. №2095/р, утвержденное Краснощеком А.А.

Мировые аналоги внедрения систем интервального регулирования на базе цифровых радиоканалов

На железных дорогах мира в настоящее время идет процесс расширения использования цифровых радиоканалов в системах интервального регулирования движения поездов (ИРДП).

Система ИРДП на координату «хвоста» поезда по радиоканалам с учетам защитного участка при использовании подвижных блок-участков (разработка Bombardier Transportation (Signal)) эксплуатируется в Казахстане на участке протяженностью 500 км. С использованием реперных датчиков (бализ), радиоканал стандарта TETRA

Цифровая система передачи данных на основе радиоканала стандарта GSM-R используется в системах ИРДП на линии Эрфурт-Лейпциг (Германия), протяженностью 123км. При скоростях движения до 300км/час. Система разработана концерном Siemens. Планируется внедрение системы на участке длиной 500км.

На железных дорогах Серверной Америки внедряется система управления движением поездов Positive Train Control (PTS) с использованием радиоканалов. Планируется внедрение на сети общей протяженностью 96тыс.км.

В западной части Китая внедрена система ИРДП типа ITCS с цифровым радиоканалом стандарта GSM-R, разработанная фирмой General Electric. Координата локомотива определяется с помощью датчиков пути и спутниковой навигации.

В Швеции используется система ИРДП типа ERTMS/ETCS уровня 3, так же с цифровым радиоканалом стандарта GSM-R. Регулирование ведется на «хвост» идущего впереди поезда или на занятый виртуальный блок-участок. Для определения координаты локомотива используются точечные напольные радиопередатчики (Eurobalise).

Система CTCS - Китай

Работа системы CTCS-3 - основана на применение беспроводной связи GSM-R для обеспечения двунаправленной связи между бортовым и стационарным оборудованием.

Центр радиоблокировки является ядром системы и формирует разрешение на движение для поездов. Рельсовые цепи используются для получения информации о занятости/свободности. Бализы используются для позиционирования поездов.

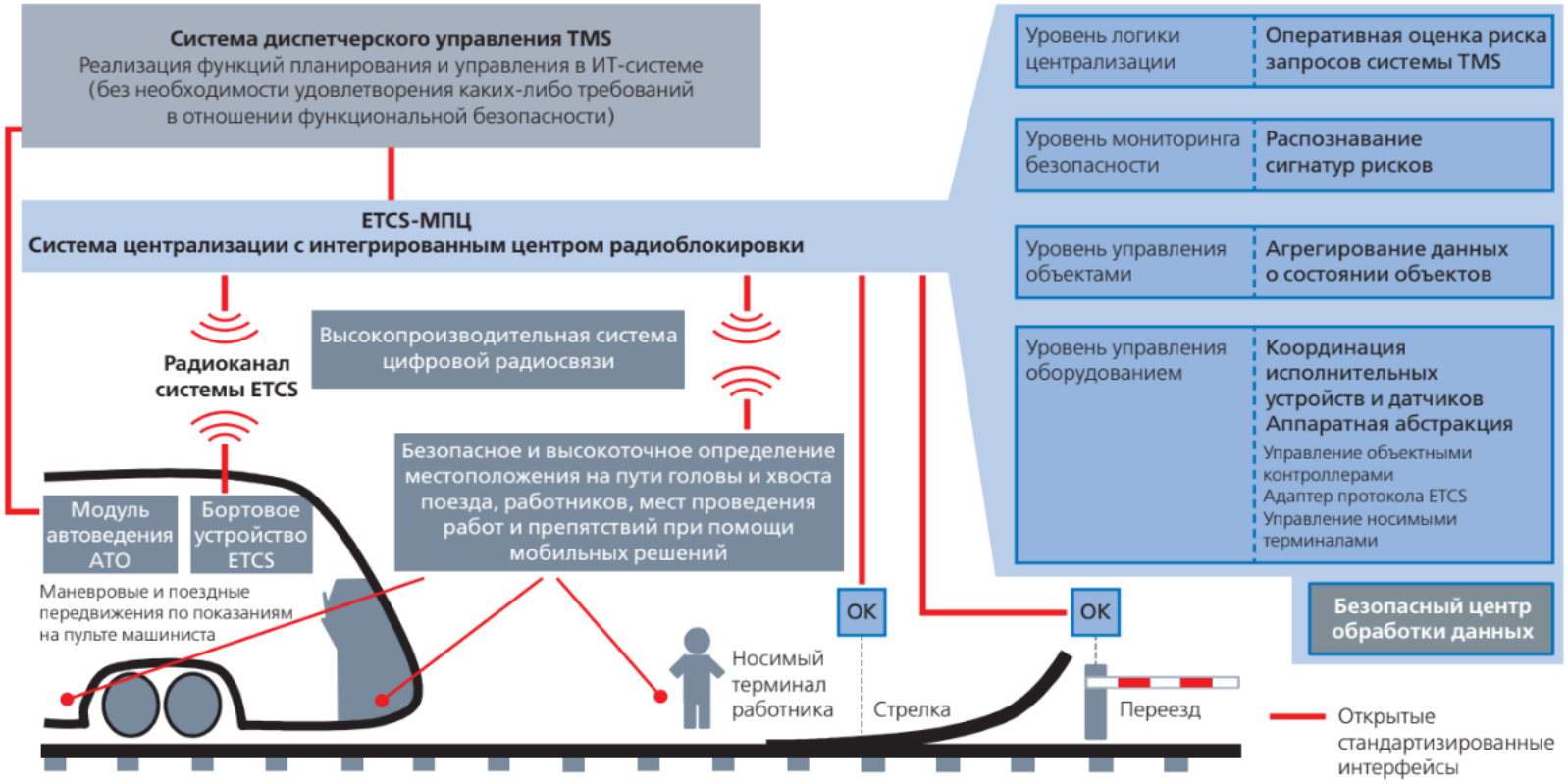
Система CTCS-3 включает в свой состав РБЦ, сеть GSM-R, рельсовые цепи, бализы, бортовое оборудование и другие подсистемы.

Основана на ERTMS/ETCS

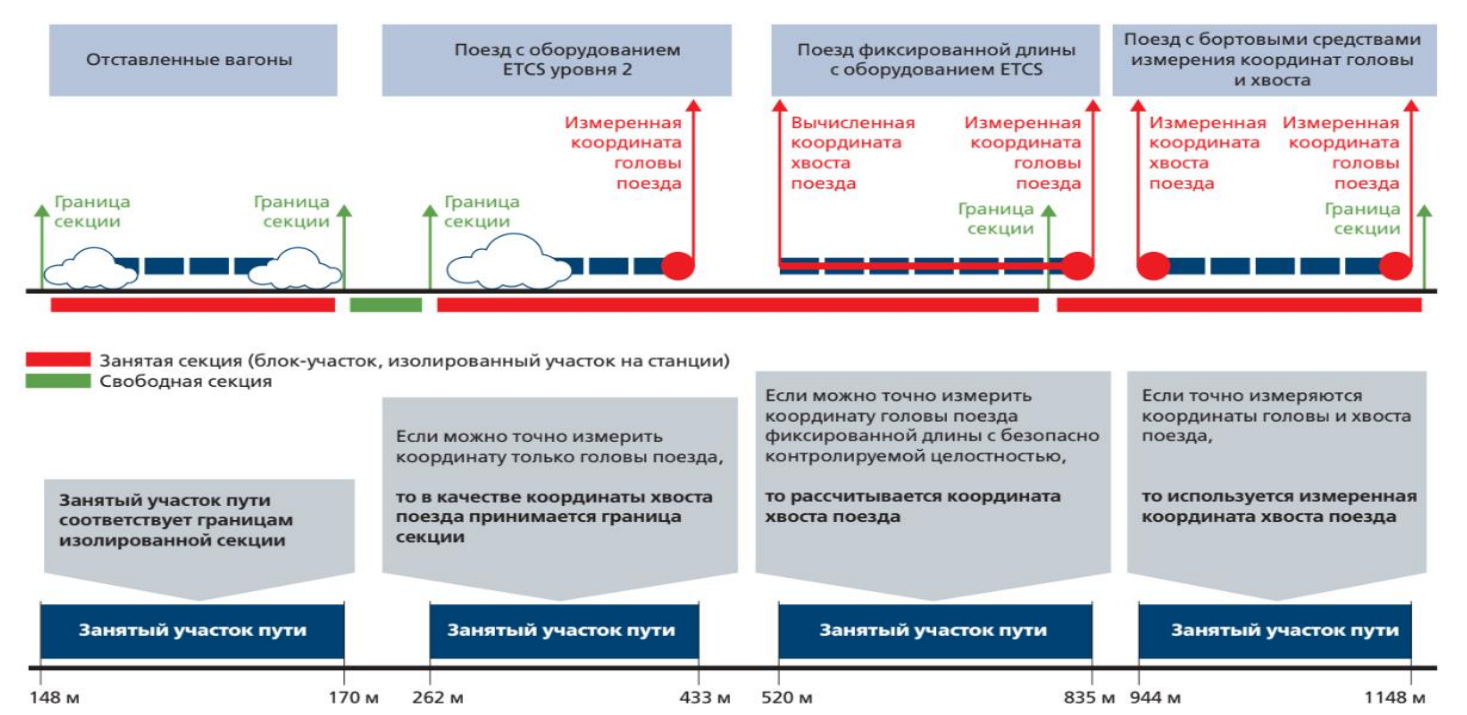
Выполнена в соответствии со спецификацией системных требований 2.3.0D

В настоящий момент внедряют версию 3.3.0

Система ETCS – Швейцария (по программе SmartRail 4.0)



Анализ эффективности использования информации от различных датчиков местоположения поезда



Наиболее эффективное использование информации от разных датчиков местоположения поезда в переходной период возможно только при задействовании логики централизации, основанной на геометрических расчетах

ITARUS-ATC – Концепция системы

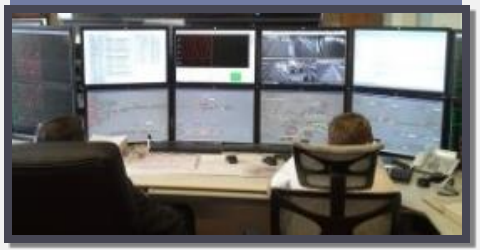
Развитие информационных и спутниковых технологий
для систем управления и обеспечения безопасности

Глобальные навигационные системы (ГЛОНАСС)

Защищено 4 патентами
и 6 свидетельствами
о государственной регистрации
программных продуктов

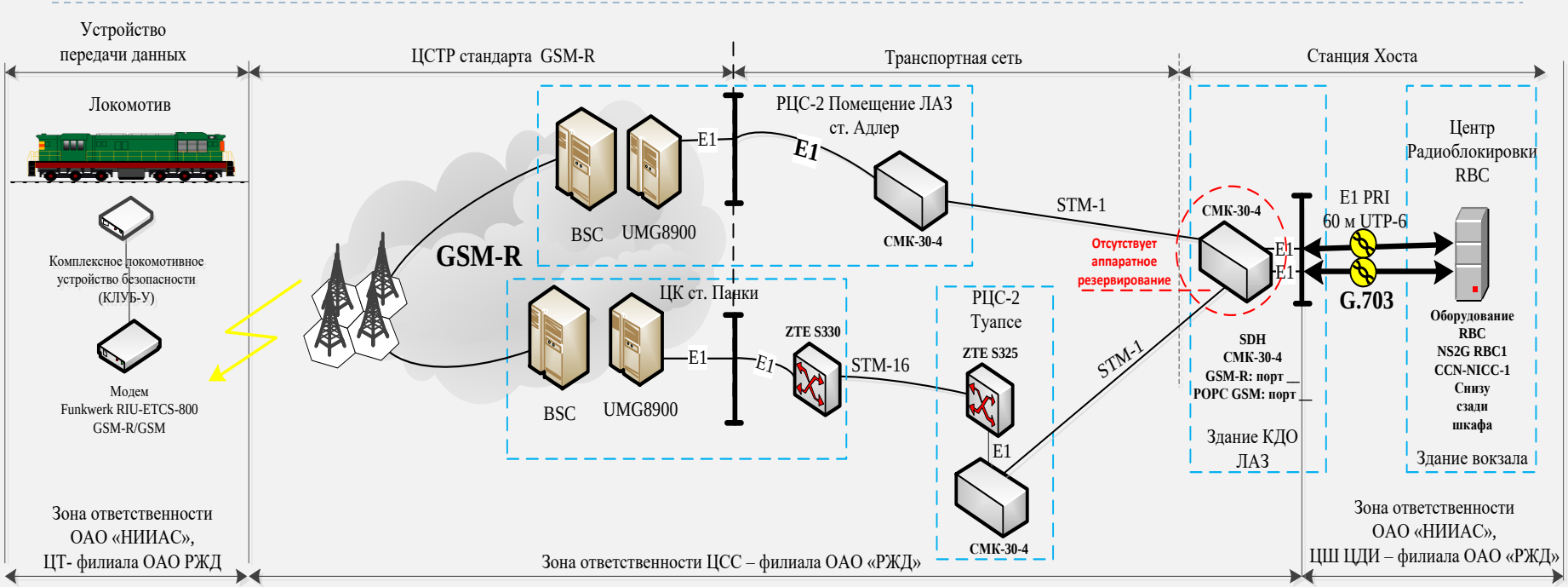
Российские системы безопасности и регулирования движения поездов

Европейская система управления движением поездов ERTMS



Система
ITARUS-ATC

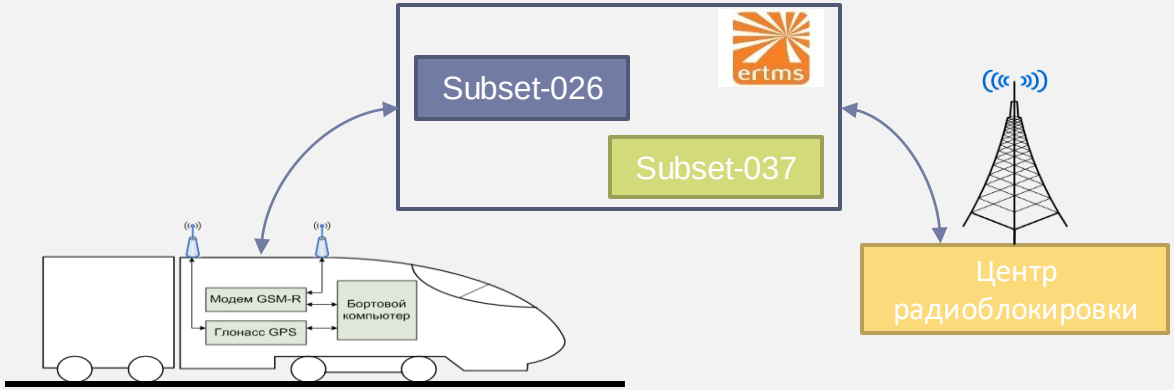
Пример подключения РБЦ на участке Хоста–Мацеста проекта ITARUS-ATC



Примечание:

- Передача информации между локомотивом и центром радиоблокировки RBC осуществляется в режиме прямой коммутации каналов в сети GSM-R в соответствии с A11T6001 12;
- Защита передаваемой информации осуществляется на основе протокола EURORADIO (Subset-037).

Организация надежного и безопасного канала связи с подвижным составом на основе спецификаций ERTMS



ALSTOM SIEMENS BOMBARDIER THALES Ansaldo STS

Спецификации ERTMS используются ведущими железнодорожными компаниями для создания совместимой системы интервального регулирования на сети Европейских железных дорог

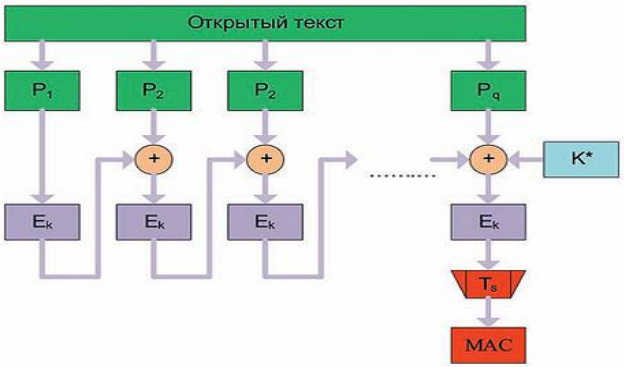
- Спецификации **ERTMS** описывают единый протокол обмена между бортовым и стационарным оборудованием систем интервального регулирования с использованием беспроводных открытых каналов связи (GSM-R):
  - **Subset-037**: Определяет стек протоколов необходимый для инициализации безопасного соединения и надежного информационного обмена по открытым каналам связи
  - **Subset-026**: Определяет набор допустимых к использованию информационных сообщений и пакетов, позволяющих реализовать функции интервального регулирования движением поездов
- Дополнительная информация, необходимая для функционирования систем в соответствии с требованиями национальных стандартов, может передаваться в отдельном пакете №44

Обеспечение информационной безопасности в спецификациях ERTMS

- Основными угрозами при взаимодействии по открытым сетям связи в соответствии с требованиями стандарта **EN 50129** являются:
  - Нарушение целостности сообщений
  - Фальсификация сообщений
  - Вставка ложных сообщений
- Для достижения эффективного уровня защиты от этих угроз в спецификации Subset-037 разработан протокол Euroradio
- Защита в протоколе Euroradio достигается за счет вычисления имитовставки (MAC-код) для каждого передаваемого по каналу связи сообщения
- На настоящий момент для вычисления значения имитовставки в Subset-037 применяется алгоритм симметричного шифрования DES
- При создании и внедрении системы на железных дорогах Российской Федерации будет применяться алгоритм вычисления значения имитовставки в соответствии с **ГОСТ Р 34.13-2015**

UNISIG

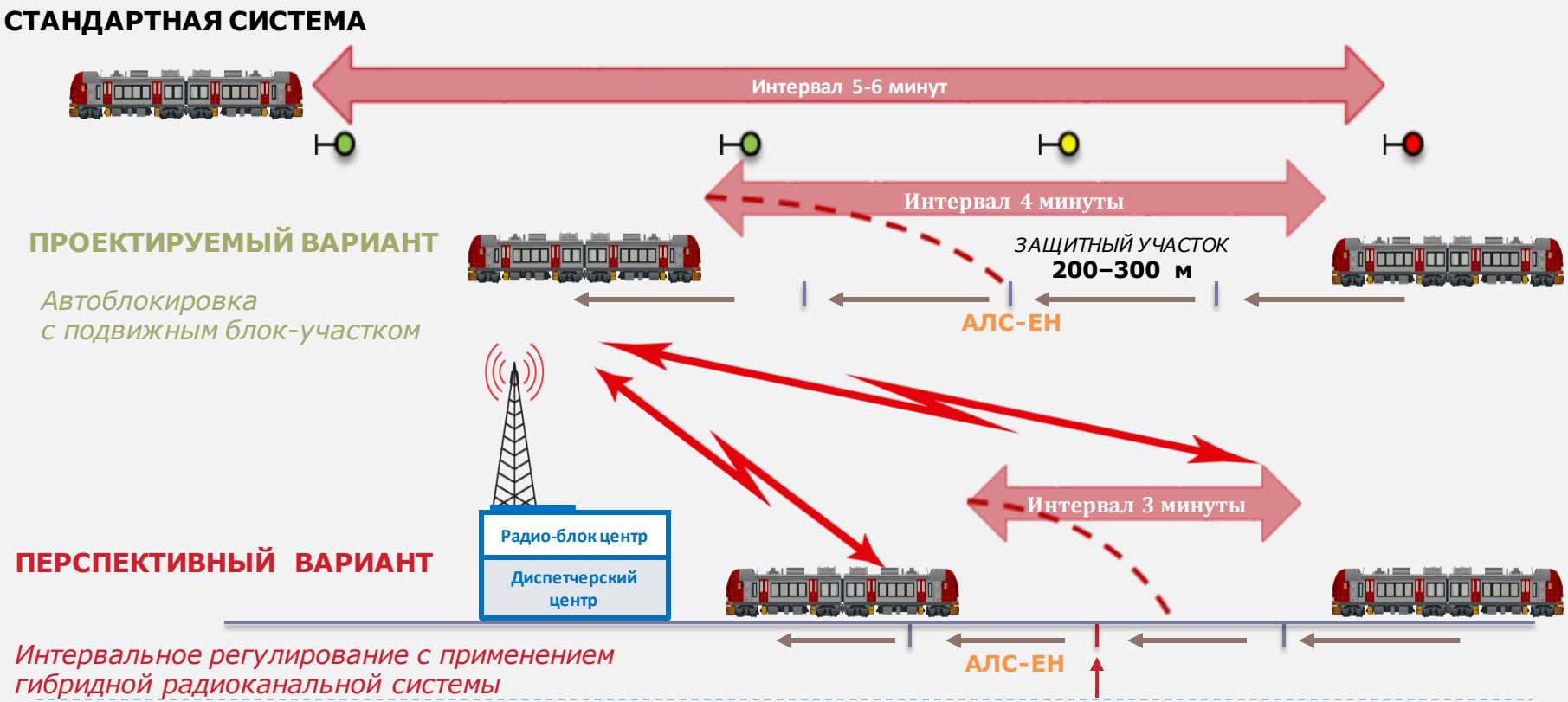
1	xxx. .... 000. .... 001. .... 010. .... 011. .... 100. .... 101. .... 110.	"ETY"	ETCS ID type of the field "SA" Radio in-fill unit RBC Engine Reserved for Balise Reserved for Field element (level crossing etc) Key management entity Interlocking related entity
1	...0 001.	"MTI"	Message Type Identifier: **AU1**
1	0	"DF"	Direction Flag: "0"B indicates the direction to the responder
2 3 4	xxxx xxxx xxxx xxxx xxxx xxxx	"SA"	Calling ETCS ID
5	Xxxx xxxx 0000 0001	"SaF"	Requested Safety feature Single DES with modified MAC algorithm 3 All other values are reserved
6 ... 13	Xxxx xxxx ... xxxx xxxx	"R_B"	Random number R_B of the first authentication message



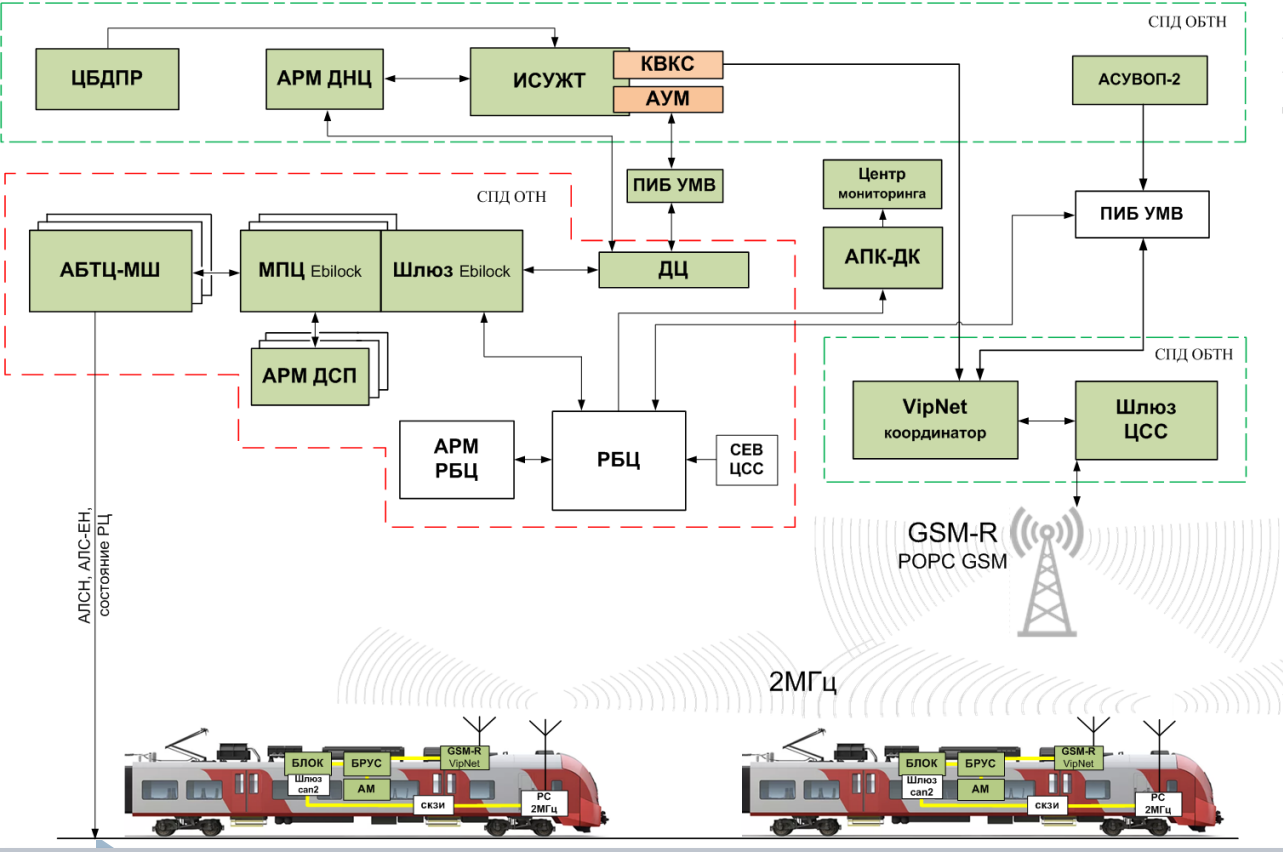
План работ по сокращению интервалов попутного следования на МЦК (2019-2021г.)

До 01.04.2020	Завершение строительно-монтажных работ по устройству систем СЦБ и модернизации автоматизированных систем
До 01.11.2019	Запуск движения с сокращенным интервалом попутного следования до 4-х минут в часы пик
До 01.11.2020	Разработка гибридной системы управления движением, ввод в эксплуатацию на опытном участке МЦК
2021 год	Ввод в постоянную эксплуатацию гибридной системы управления движением на МЦК. Запуск движения с сокращенным интервалом попутного следования 3 минуты.

Этапы работ по сокращению интервалов



Структурная схема гибридной системы управления движением на МЦК



АМ – система Автомашинист;
АПК-ДК – аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля;
БЛОК – безопасный локомотивный объединенный комплекс;
ИСУЖТ – интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте;
КВКС – коммуникационный вычислительный комплекс связи;
ПИБ УМВ – подсистема информационной безопасности узлов межсетевого взаимодействия;
СКЗИ- Система криптографической защиты информации;
РБЦ – центр радиоблокировки;
РС 2МГц – радиостанция передачи данных, с рабочей частотой 2МГц;
СЕВ – Система единого времени;
Шлюз-CAN2 – блок взаимодействия бортовых устройств по радиоканалу;
ЦБДПР – централизованная база данных пригородного расписания;
GSM –R – стандарт цифровой связи

Эффекты от внедрения гибридной системы управления движением на МЦК

Технологический эффект от внедрения гибридной системы управления движением поездов определяется следующими показателями:

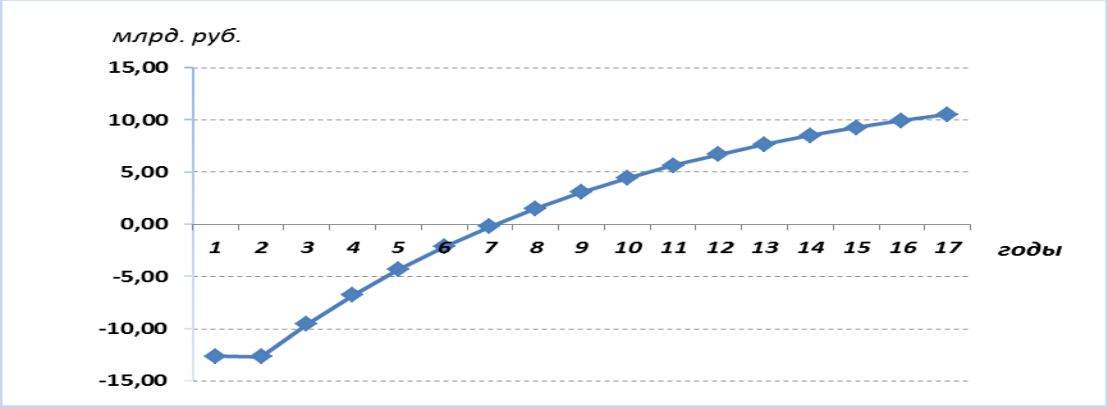
1	Сокращение интервалов попутного следования поездов
2	Повышение пропускной способности и увеличение объемов перевозок
3	Реализация гибкой технологии восстановления графика движения
4	Повышение уровня безопасности движения
5	Повышение уровня защиты при передаче ответственной информации
6	Повышение уровня безотказности систем управления движением
7	Создание платформы для внедрения системы автоматического ведения поездов

Эффекты от внедрения гибридной системы управления движением на МЦК

Экономический эффект от внедрения гибридной системы управления движением поездов определяется следующими показателями:

1	Сокращение капитальных затрат	68,6 млн. рублей
2	Сокращение числа задержек поездов на МЦК и уменьшение суммы штрафов	5 995,77 млн. руб. в год
3	Увеличения пропускной способности участков железнодорожных линий	373 млн. пассажиров в год 1024 тыс. пассажиров в сутки 4470 млн. руб. в год (для сравнения - при 4х мин. интервале 2900 млн. руб. в год)
4	Повышение уровня безопасности движения поездов	Оценка по данному этапу возможна при постоянной эксплуатации системы за определенный срок

Показатели эффективности проекта



Дисконтированный срок окупаемости при 3-х минутном интервале попутного следования, лет

	Показатели эффективности	При 3-х мин. интервале
1	Чистый дисконтированный доход (ЧДД), млрд. руб.	10,53
2	Индекс доходности	1,46
3	Внутренняя норма доходности, %	24,4
4	Срок окупаемости, лет	5,2
5	Дисконтированный срок окупаемости, лет	7,1

Спасибо за внимание