



Перспективы применения беспилотных систем на железнодорожном транспорте

Методы и технологии

Карелов А.И.

Руководитель Центра
внедрения космических технологий

11.02.2020



НИИАС

План доклада

1. Основные направления применения БАС на железнодорожном транспорте
2. Проработанные направления применения БАС на железнодорожном транспорте на основе реализации пилотных проектов
3. Перспективы развития

Основные возможные направления применения БАС на железнодорожном транспорте

Концепция применения БАС в интересах железнодорожного транспорта

Центральная дирекция по ремонту пути – филиала ОАО «РЖД» (ЦДРП)

планирование, оперативный контроль проведения и контроль качества выполненных работ по ремонту железнодорожного пути. Построение масштабных планов путевых машинных станций.

Трансэнерго – филиал ОАО «РЖД» (ТЭ)

мониторинг линий электропередачи (ЛЭП), проходящих вдали от железной дороги в труднодоступных местах, в части определения исправности опорных конструкций, отсутствия обрывов проводов и тросов, контроля ненормативного температурного режима функционирования элементов ЛЭП, контроля наличия растительности, представляющей угрозу штатному функционированию ЛЭП.

Центральная дирекция инфраструктуры – филиал ОАО «РЖД» (ЦДИ)

Выявление потенциально опасных экзогенных геологических и гидрологических процессов, мониторинг лавиноопасных склонов, дефектов и повреждений земляного полотна, инженерных сооружений железной дороги, потенциально опасных геологических проявлений в районе распространения многолетнемёрзлых пород, построение масштабных планов станций.

Центральная дирекция по тепловодоснабжению – филиал ОАО «РЖД» (ЦДТВ)

выявление фактов и мест теплотерь, превышающих установленные нормы, а также оценка соответствия фактического и проектного прохождения коммуникаций и подключений к сети тепловодоснабжения ОАО «РЖД» с целью выявления фактов несанкционированных подключений.

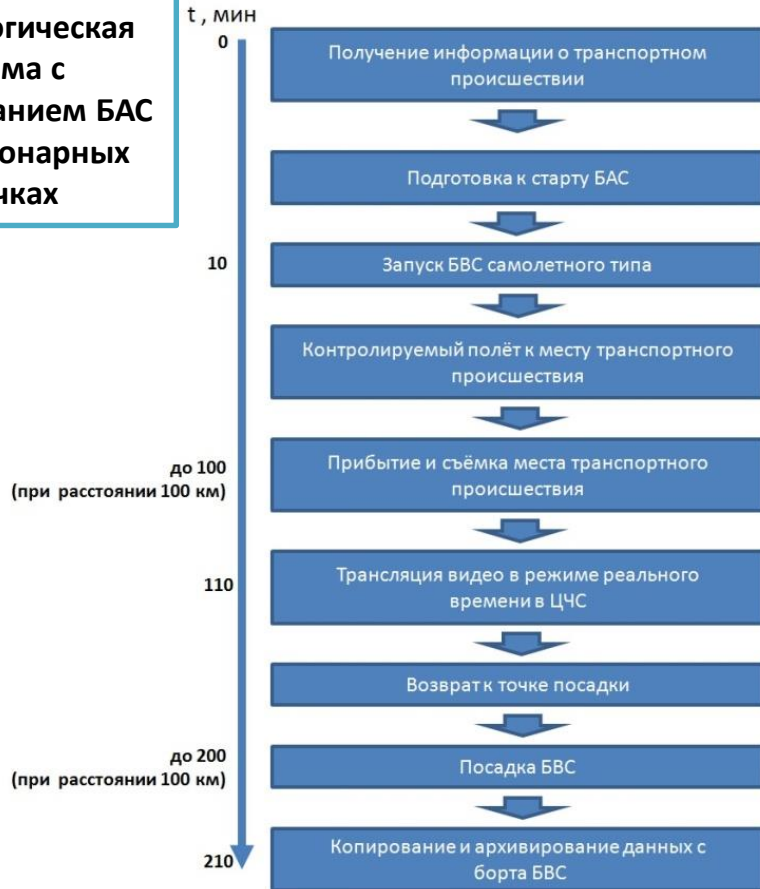
Департамент корпоративного имущества (ЦРИ)

мониторинг состояния зданий и сооружений, проверка сохранности законсервированных объектов, контроль за территорией, прилегающей к зданиям, на предмет пожарной безопасности, контроль выполнения ремонтных работ на объектах, инвентаризации имущества ОАО «РЖД», контроль границ земельных участков, выявление неправомерного использования объектов имущества ОАО «РЖД».

Эксплуатационные испытания БАС для оснащения
восстановительных поездов ОАО «РЖД»

Предварительные сценарии использования

Технологическая
схема с
базированием БАС
в стационарных
точках



Технологическая
схема с
базированием БАС
на
восстановительном
поезде



Этапы натурных испытаний беспилотных авиационных систем (БАС)

Проверка заявленных характеристик

Условия испытаний:
Температура -12 С
Ветер 9 м/с
Снегопад



Испытание в составе восстановительного поезда

Условия испытаний:
Температура +6 С
Ветер порывы до 15 м/с
Дождь (кратковременный)



Сценарии использования

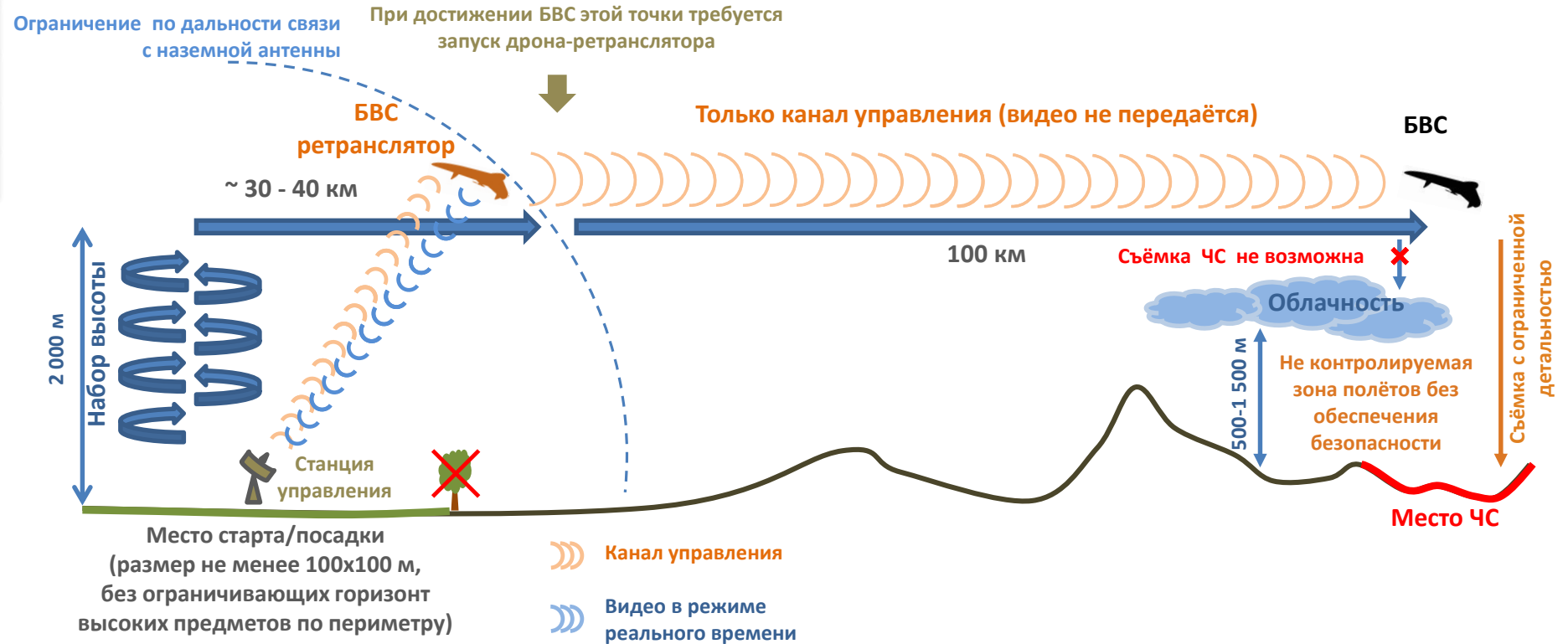
Мультикоптеры

Запуск на месте проведения АВР. Полёты с радиусом до 5 км. Трансляция видео в режиме реального времени в студию ЦЧС

Самолёты

Полеты на дальние расстояния (до 150 км) без привязки к восстановительному поезду. Трансляция видео в студию ЦЧС

Схема использования БАС самолётного типа



БАС, принявшие участие в испытаниях



Выводы. БАС самолётного типа

Преимущества:

- Дальность полёта
- Время пребывания в воздухе
- Возможность передачи видео в режиме реального времени на расстоянии до 40 км от станции внешнего пилота (СВП)

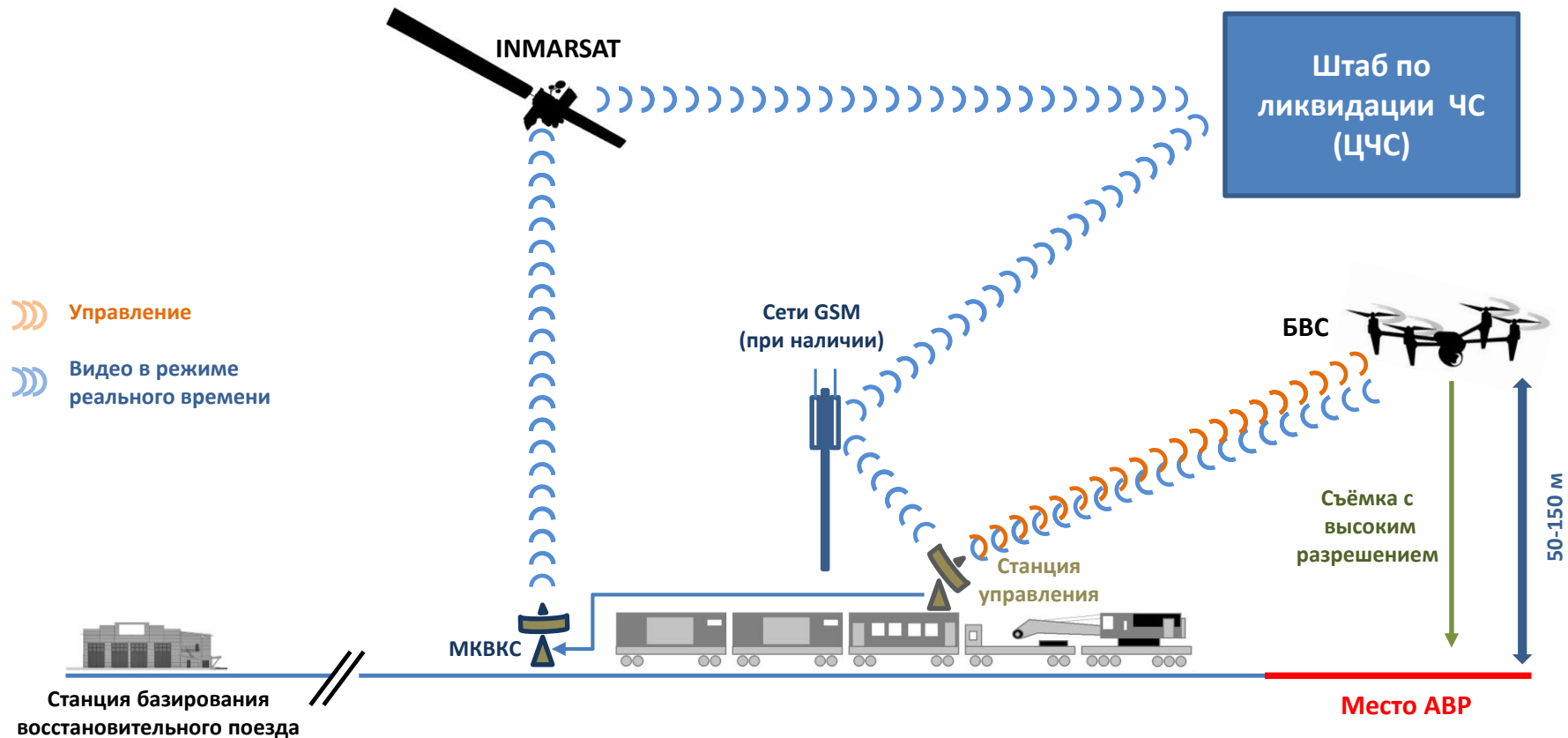
Недостатки:

- Площадка старта и посадки с размером не менее 100x100 м
- Высокая зависимость от погодных условий
- Дальние полёты возможны на высотах от 1 500 м (для обеспечения радиовидимости)
- Невысокая детальность съёмки (высоко)
- Невозможность съёмки места ЧС при облачности, осадках
- Длительное подлётное время (в случае удаления объекта съёмки на 100 км, получение материалов возможно не ранее 4 часов после старта).

Вывод :

Применение БАС самолётного типа предполагалось для решения задач ситуационной осведомлённости в оперативном режиме на дальних расстояниях (около 100 км). Испытания продемонстрировали невозможность такого применения вследствие указанных недостатков.

Схема использования БАС мультикоптерного типа



Выводы. БАС мультикоптерного типа

Преимущества:

- Не нужна специально оборудованная площадка для взлёта и посадки
- Менее требовательны к погодным условиям, чем самолётный тип
- Более просты в эксплуатации по сравнению с самолётным типом
- Требует меньшего количества обслуживающего персонала

Недостатки БАС:

- Время полёта в среднем около 30 минут

Выводы :

Применение БАС мультикоптерного типа при использовании в составе восстановительного поезда и развертывании их непосредственно на месте АВР эффективно для решения задач ситуационной осведомлённости.

Актуализированные технические требования к БАС

- 1. Беспилотное воздушное судно (БВС) мультикоптерного типа.**
- 2. Возможность настройки сжатия видео на борту БВС для обеспечения возможности его передачи в режиме реального времени посредством спутникового терминала Explorer 700.**
3. Гиростабилизированная съемочная аппаратура.
4. Наличие возможности автоматического слежения за целью (в том числе подвижной).
- 5. Вес БАС брутто не более 10 кг.**
6. Продолжительность полета на одном комплекте батарей от 30 мин.
7. Протяженность маршрута полета на одном комплекте батарей от 10 км.
8. Допустимая скорость ветра до 10 м/с.
- 9. Взлетная масса БВС до 2 кг.**
- 10. Температура эксплуатации БВС от -20°C до +40°C.**
- 11. Наличие подогреваемой аккумуляторной батареи.**
12. Степень защиты БВС и наземного оборудования не ниже IP53.
13. Устойчивая работа в зоне электромагнитных помех, формируемых контактной сетью. Отсутствие влияния электромагнитных помех от БВС на технические средства ОАО «РЖД».
- 14. Наличие сенсорной системы, предотвращающей столкновение БВС с препятствиями во время полёта.**
- 15. Количество эксплуатирующего персонала – один человек.**

Изменения в ФП ИВП

Постановление Правительства Российской Федерации от 03.02.2020 г. № 74

<p style="text-align: right;">Проект</p> <p style="text-align: center;">ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</p> <p style="text-align: center;">ПОСТАНОВЛЕНИЕ</p> <p style="text-align: center;">от «___» _____ г. № _____</p> <p style="text-align: center;">МОСКВА</p> <p>О внесении изменений в Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации</p> <p>Правительство Российской Федерации п о с т а н о в л я е т :</p> <p>Утвердить прилагаемые изменения, которые вносятся в Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 11 марта 2010 г. № 138 «Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2010, № 14, ст. 1649; 2011, № 37, ст. 5255; № 40, ст. 5555; 2012, № 31, ст. 4366; 2015, № 29, ст. 4487; № 32, ст. 4775; 2016, № 8, ст. 1130; № 29, ст. 4838; 2017, № 9, ст. 1360; № 50, ст. 7619; 2018, № 6, ст. 898; № 25 ст. 3695).</p> <p>Председатель Правительства Российской Федерации _____ Д.Мельвелев</p>	<p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">УТВЕРЖДЕНЫ постановлением Правительства Российской Федерации от «___» _____ № _____</p> <p style="text-align: center;">ИЗМЕНЕНИЯ, которые вносятся в Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации</p> <p>1. В разделе I:</p> <p>а) в пункте 2 абзац восьмой принять утратившим силу;</p> <p>б) пункт 2 дополнить абзацами следующего содержания: «визуальный полет беспилотного воздушного судна в пределах прямой видимости» - полет, в ходе которого внешний пилот или наблюдатель беспилотного воздушного судна поддерживает непосредственный бесприборный визуальный контакт с беспилотным воздушным судном;».</p> <p>2. В пунктах 47, 48, 49, 99, 109, 116, 117, 137 и 138 слова «летательный аппарат» в соответствующем падеже заменить словами «воздушное судно» в соответствующем падеже;</p> <p>3. В разделе II:</p> <p>пункт 49 после слов «указанных городов» дополнить словами «, за исключением полетов беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 0,25 кг и менее»;</p> <p>пункт 52 изложить в следующей редакции: «52. Использование воздушного пространства беспилотными воздушными судами в воздушном пространстве классов А, С и G осуществляется посредством установления временного и местного режимов, а также кратковременных ограничений в интересах пользователей воздушного пространства, организующих полеты беспилотных воздушных судов, на основании плана полета воздушного судна и разрешения на использование воздушного пространства, за исключением выполнения визуальных полетов беспилотными воздушными судами в пределах прямой видимости, осуществляемых беспилотными воздушными судами с максимальной взлетной массой до 30 кг в светлое время суток на высотах менее 150 метров от земной или водной поверхности вне диспетчерских зон, районов аэродромов (вертодромов) государственной и экспериментальной авиации, запретных</p>	<p style="text-align: center;">3</p> <p>зон, зон ограничения полетов, специальных зон, мест проведения публичных мероприятий и официальных спортивных мероприятий, а также на удалении не менее 5 км от контрольных точек неконтролируемых аэродромов и посадочных площадок.</p> <p>Ответственность за предотвращение столкновений беспилотных воздушных судов с пилотируемыми воздушными судами и другими материальными объектами в воздухе, а также столкновений с препятствиями на земле возлагается на внешнего пилота.».</p> <p>4. В разделе VI:</p> <p>подпункт «е» пункта 137 после слов «классов А и С» дополнить словами «, за исключением случая, предусмотренного пунктом 52 настоящих Федеральных правил.»;</p> <p>подпункт «г» пункта 138 после слов «классов С и G» дополнить словами «, за исключением случая, предусмотренного пунктом 52 настоящих Федеральных правил.».</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">...ными судами в беспилотными воздушными су кг в светлое время суток на вв водной поверхности вне др ...аэродромов) государственн</p>
---	---	--

Применение БАС для решения задач
Дирекции по ремонту пути – филиала
ОАО «РЖД»

Штатное применение БАС при решении задач ЦДРП до 2019 г.

Контроль ремонтных работ железнодорожного пути



Предпроектные обследования при проектировании ВСМ



Реализация пилотных проектов по хозяйству ЦДРП

Участки реализации



Участок перегона Любань – Торфяное линии Москва – Санкт-Петербург в районе пл.Трубноково (Октябрьская железная дорога)



ПМС-113 (Северная железная дорога)

ЦДРП (Трубниково) Мониторинг хода ремонтных работ

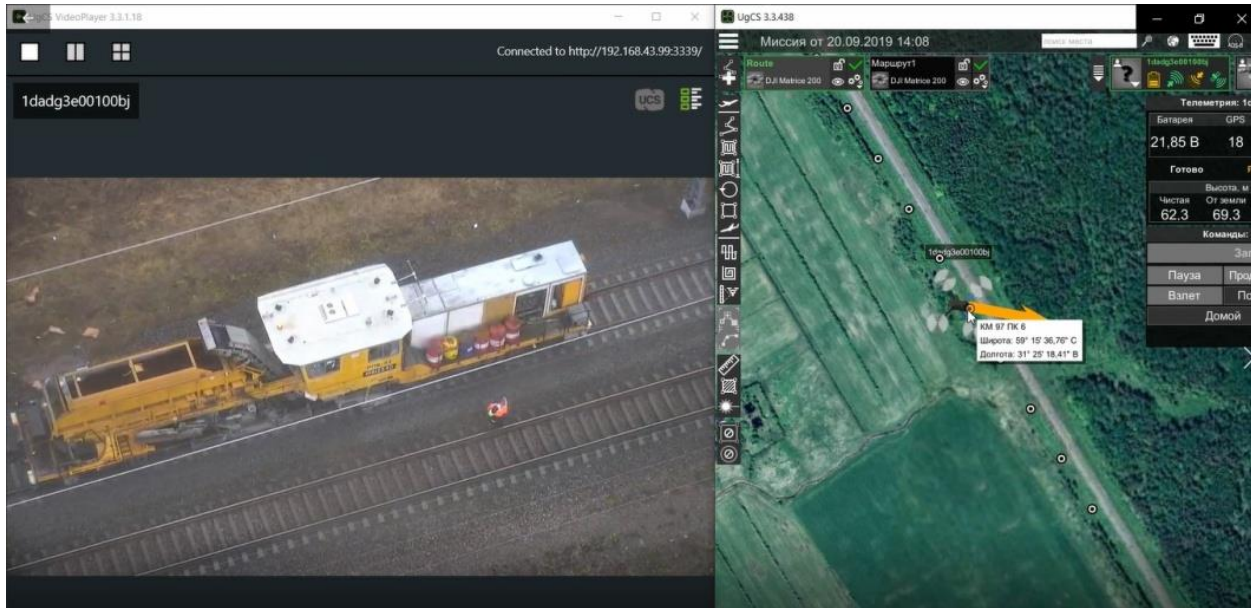


Участок ведения ремонтных работ на линии
Москва – Санкт-Петербург в районе пл.Трубниково



Ход выполнения ремонтных работ с
применением специализированной техники

ЦДРП (Трубниково) Мониторинг хода ремонтных работ



Определение координат местонахождения подвижной техники в пикетажной системе координат с БВС DJI Matrice 210 RTK V2

- проверка возможности мониторинга работ на железнодорожной инфраструктуре в видимом диапазоне длин волн в режиме реального времени с трансляцией материалов воздушной съёмки на станцию внешнего пилота и точку удалённого доступа;
- проверка возможности мониторинга работ в тепловом диапазоне длин волн в режиме реального времени с трансляцией материалов воздушной съёмки на станцию внешнего пилота и точку удалённого доступа;
- проверка возможности выявления участков пути, требующих проведения ремонтных работ.

ЦДРП (Трубниково) Контроль геометрии пути (геодезическая подготовка полигона)

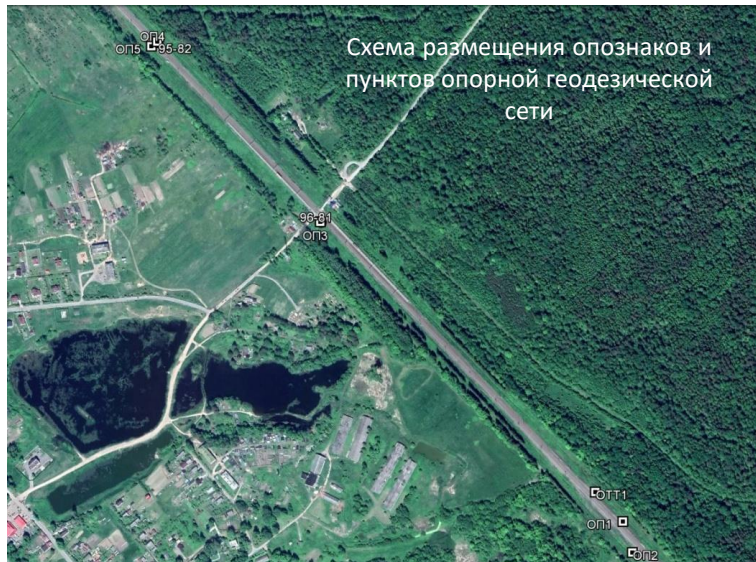
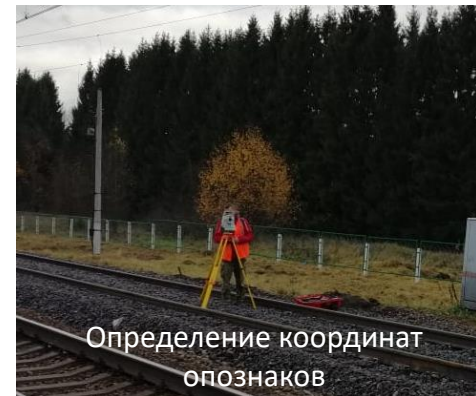


Схема размещения опознаков и пунктов опорной геодезической сети



Опознак



Определение координат опознаков



Пункты опорной геодезической сети

Задача

Проверка возможности и точности съёмки натурального положения ремонтируемого пути посредством БАС с целью определения отклонений фактических геометрических параметров железнодорожного пути от проектных

ЦДРП (Трубниково) Контроль геометрии пути

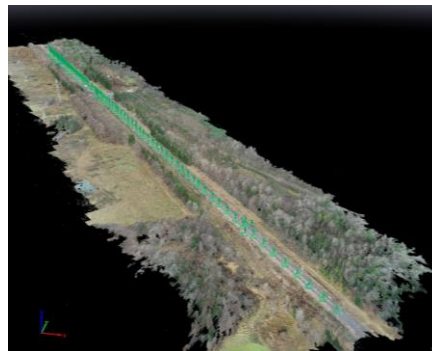


Ортофотоплан, общий вид

При планово-высотной привязке пунктов РС использовалась местная плоская железнодорожная система координат (МЖСК)



Ортофотоплан с нанесёнными отметками середины головки левого рельса первого пути

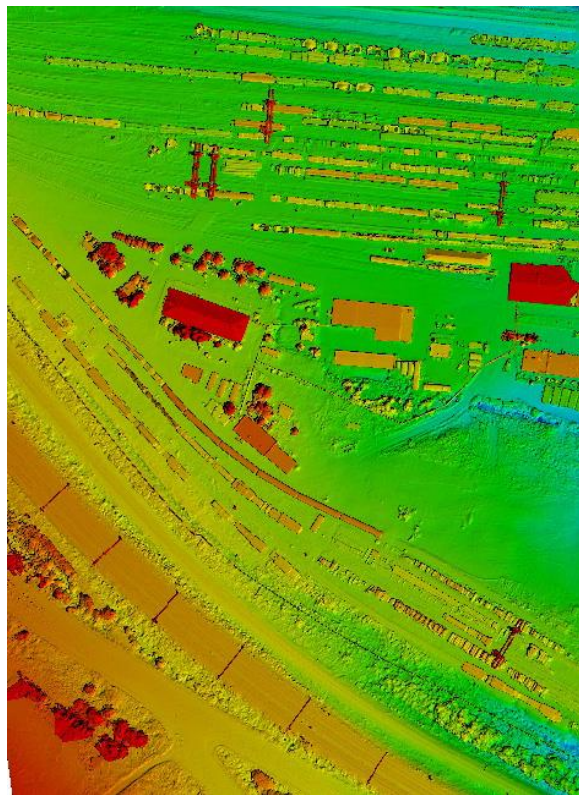


Плотное облако точек с нанесёнными отметками середины головки левого рельса первого пути



Полученные результаты построения высокоточного ортофотоплана и плотного облака точек по территории полигона реализации пилотного проекта в районе о.п. Трубниково продемонстрировали, что среднее значение ошибки определения координат по ортофотоплану удовлетворяет требованиям ЦДРП

ЦДРП (ПМС-113)



Фрагмент ЦМП ПМС-113

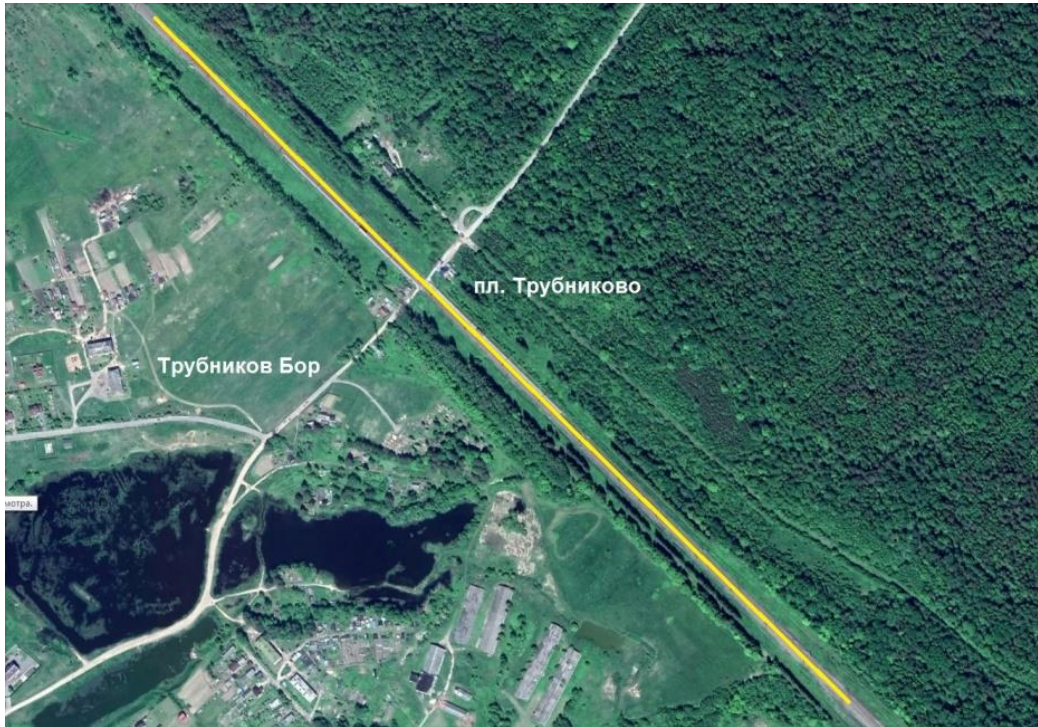


Трёхмерная модель ПМС-113

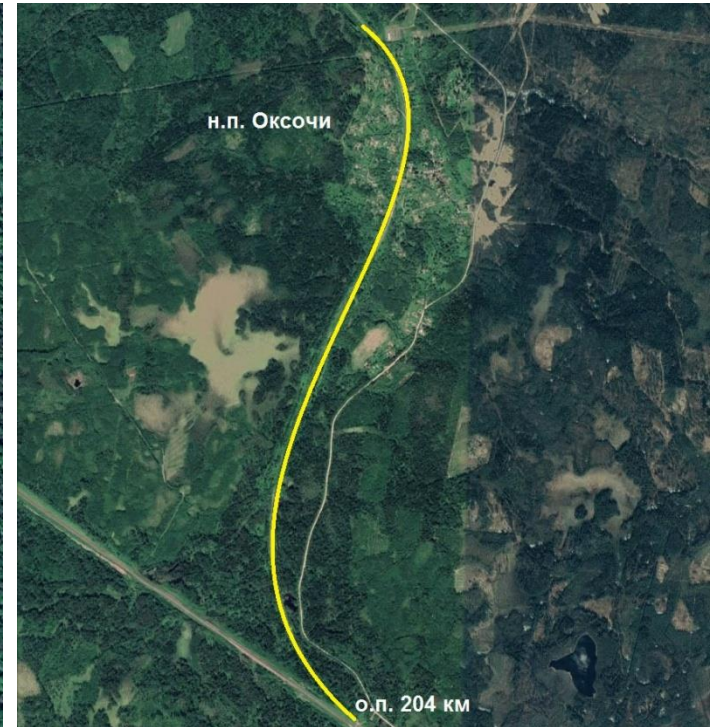
Применение БАС для решения задач Трансэнерго – филиала ОАО «РЖД»

Пилотный проект в интересах ТЭ

Участки реализации



Участок перегона Любань – Торфяное в районе пл.Трубниково (Октябрьская железная дорога).



Участок в районе н.п. Оксочи ЛЭП от тяговой подстанции «Оксочи» (Веребьинский обход)

ТЭ (Трубниково) Результаты

Задачи

мониторинг линий электропередачи (ЛЭП), проходящих вдали от железной дороги в труднодоступных местах, в части определения исправности опорных конструкций, отсутствия обрывов проводов и тросов, контроля ненормативного температурного режима функционирования элементов ЛЭП, контроля наличия растительности, представляющей угрозу штатному функционированию ЛЭП.

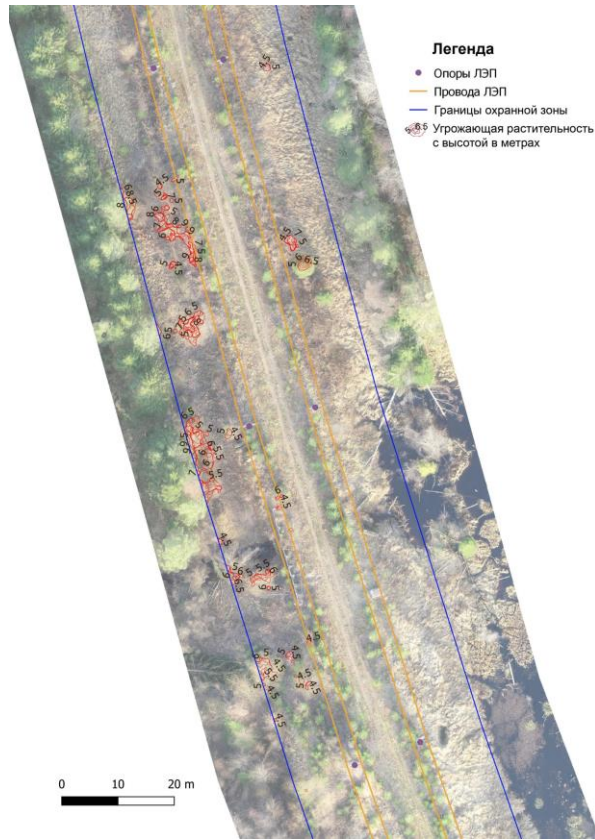


Камера DJI Zenmuse Z30 на БВС DJI Matrice 210 RTK V2



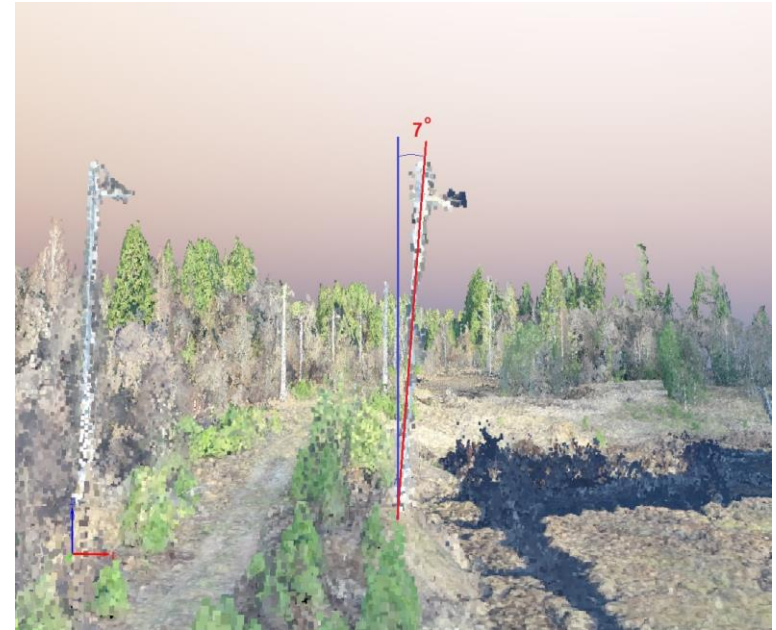
Камера DJI Zenmuse XT2 на БВС DJI Matrice 210 RTK V2

Трансэнерго (Веребьинский обход) Результаты



Постановление правительства Российской Федерации «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» от 24 февраля 2009 года N 160.

Охранная зона в виде части поверхности участка земли и воздушного пространства (на высоту, соответствующую высоте опор воздушных линий электропередачи), ограниченной параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии электропередачи от крайних проводов при неотклоненном их положении на расстоянии 10 м для линий с напряжением 1-20 кВ.



Выявление на облаке точек опоры с отклонением от вертикали

Реализация пилотных проектов для решения задач ОАО «РЖД» в 2020 г.

Центральная дирекция инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД»

Выявление потенциально опасных экзогенных геологических и гидрологических процессов

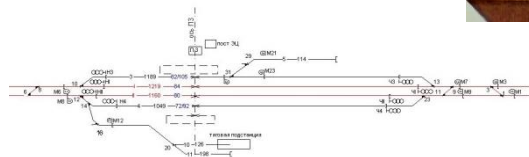
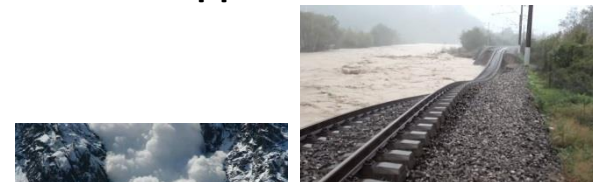
Мониторинг лавиноопасных склонов

Мониторинг дефектов и повреждений земляного полотна

Мониторинг потенциально опасных геологических проявлений в районе распространения многолетнемёрзлых пород

Мониторинг инженерных сооружений железной дороги

Построение масштабных планов станций



Департамент корпоративного имущества ОАО «РЖД»

Выявление неправомерного использования объектов имущества ОАО «РЖД»

Контроль границ земельных участков

Инвентаризация имущества ОАО «РЖД»

Контроль выполнения ремонтных работ на объектах

Мониторинг состояния зданий и сооружений

Проверка сохранности законсервированных объектов и проверка ограничения доступа на них

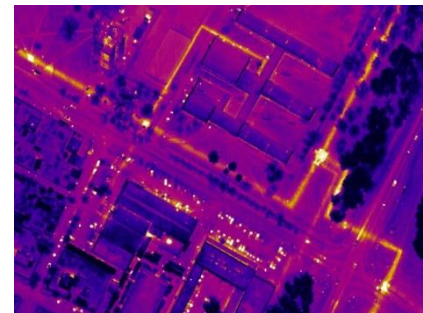
Контроль за территорией прилегающей к зданиям на предмет пожарной безопасности



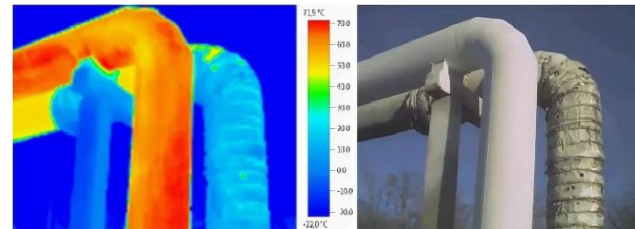
Реализация пилотных проектов для решения задач ОАО «РЖД» в 2020 г.

Центральная дирекция по тепловодоснабжению – филиала ОАО «РЖД»

Оценка соответствия фактического и проектного прохождения коммуникаций и подключений к сети тепловодоснабжения ОАО «РЖД» с целью выявления фактов несанкционированных подключений



Выявление фактов и мест теплотерь, превышающих установленные нормы



Применение БАС для решения задач транспортной безопасности

Пунктом 8 статьи 12.2 Федерального закона от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» определен состав технических средств обеспечения транспортной безопасности для оснащения объектов транспортной инфраструктуры. Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 26 сентября 2016 г. № 969 технические средства должны быть сертифицированы на соответствие установленным Требованиям к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности.

Применение беспилотных авиационных систем для создания комплексов защиты объектов транспортной инфраструктуры возможно после внесения соответствующих изменений в законодательство.

Федеральный закон от 21.11.2019 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Право сбивать БВС-нарушители у шести федеральных служб и ведомств: ФСБ, ФСИН, МВД, ФСО, Росгвардия и Служба внешней разведки.

Алексей Игоревич Карелов

Руководитель Центра

АО «НИИАС»

a.karelov@vniias.ru