

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(ОСЖД)**

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
13-15 мая 2024 года, Комитет ОСЖД, г. Варшава

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
5-7 ноября 2024 года, Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 7 ноября 2024 года.

P 797

**ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ В НАДЗОРЕ
ЗА ИНЖЕНЕРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ**

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ.....	3
2.	Опытное применение дронов.....	3
2.1.	Применение на сети МАВ.....	3
2.1.1.	Фотографии, сделанные во время осмотра ИССО.....	7
2.2.	Обследование мест аварий, вызванных селевыми потоками	8
2.3.	Использование дронов в инспекции строительных работ	10
2.4.	Применение дронов для обследования объектов земляного полотна ОАО «РЖД»	10
2.5.	Применение дронов для обследования искусственных сооружений ОАО «РЖД»	13
3.	ПРАВОВОЕ УРЕГУЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРОНОВ (В ВЕНГРИИ)	14
3.1.	Основные правила для дронов.....	14
3.2.	Правила для дронов в зависимости от категории классификации.....	15
3.3.	Основные правила управления дроном (в дополнение к выше перечисленным) ..	15
4.	ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ИНТЕГРАЦИИ В НАДЗОРНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИССО	16
4.1.	Возможные области применения	16
4.1.1.	При регулярном осмотре ИССО.....	16
4.1.2.	При целевом обследовании по требованию	16
4.1.3.	При расследовании аварийного случая.....	16
4.2.	Исполнитель обследовательской деятельности с помощью дронов.....	16
4.3.	Рекомендуемые технические параметры дрона для использования в целях надзора	17
4.4.	Условия надзора с помощью дронов.....	18

1. ВВЕДЕНИЕ

Первоначально дроны разрабатывались для использования в военных целях (беспилотные летательные аппараты, БПЛА), но с развитием технологий дроны стали широкодоступными: от недорогих дронов для чисто игровых целей до дорогостоящих для промышленного использования. Динамичное развитие устройств обработки изображений в последние десятилетия позволило делать изображения и видео, подходящие для поддержки инженерных решений, выполненные как с близкого расстояния, так и с высоты от 10 до 100 метров с помощью дрона средней категории со средней стоимостью.

Из-за размера перекрываемых препятствий местности и топографических условий мосты часто имеют высоту и конструктивную протяженность, которые часто могут быть не доступны экспертам, выполняющим контроль самостоятельно или доступны с какими-то вспомогательными средствами. Такими вспомогательными средствами обычно являются смотровые тележки, установленные на мосту во время строительства, которые используются для осмотра частей моста ниже уровня пути, но чаще всего это какие-то вспомогательные средства, независимые от моста, такие как леса, специальный автомобиль с манипулятором, ремни безопасности и т.д. приобретение, аренда и строительство которых являются дорогостоящими и трудоемкими и часто связаны со значительным ограничением движения по мосту.

Этот аспект предсказывает практические преимущества дронов при надзоре ИССО, а также возможность их интеграции в систему надзора. Недавно мостовыми службами дорог уже были предприняты усилия в этом направлении, и беспилотные применения дали положительные результаты, на основании которых с учетом действующих правовых норм в настоящей рекомендации исследовании сформулировано предложение по интеграции дронов в надзорную деятельность дорог участниц ОСЖД.

2. ОПЫТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ

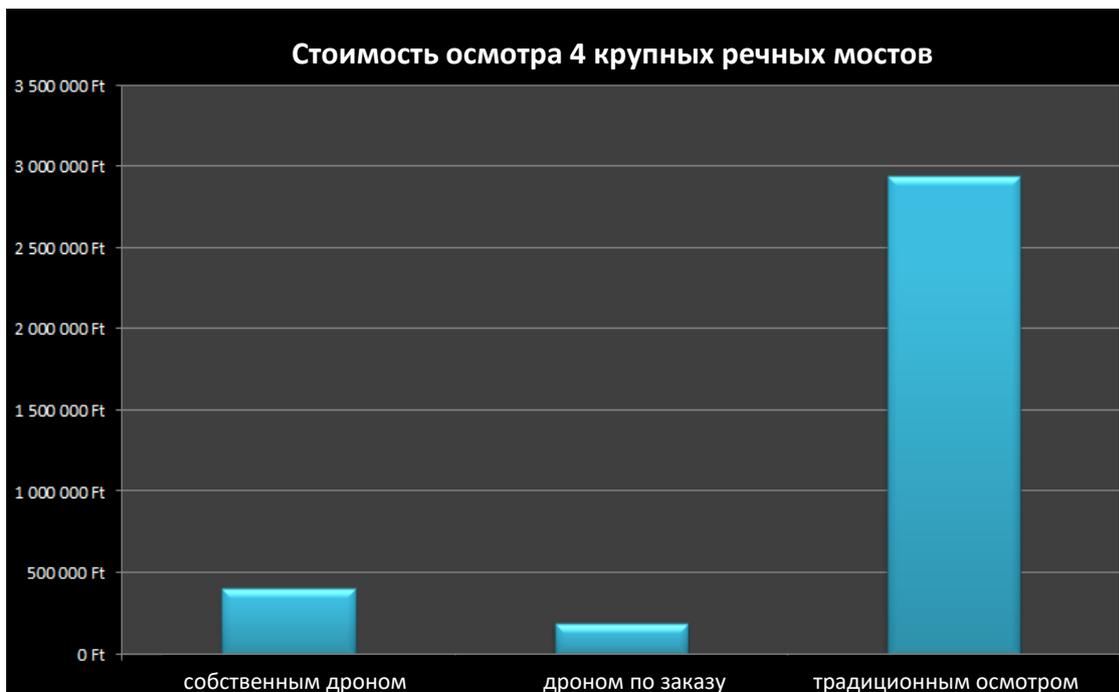
2.1. Применение на сети МАВ

Сотрудники одной из дистанций пути продемонстрировали правомерность беспилотной инспекции труднодоступных верхних поясов ферменных мостов, а в результате экономию времени и средств на оборудование, машин и персонала, снижение ограничений («окон»). С помощью «хобби» дрона доказали, что состояние верхнего пояса пролетного строения можно с уверенностью проанализировать на основе записей, сделанных на мосту, тем самым заменив метод прямого визуального осмотра.

Также был проведен анализ затрат, который наглядно показал экономическую эффективность испытаний дронами труднодоступных для осмотра частей мостов. На приведенном ниже графике показано сравнение стоимости традиционных и беспилотных обследований 4 крупных речных мостов.



Изображение верхнего пояса из видео во время контроля дроном



Сравнение стоимости традиционных обследований и обследований с помощью дронов

Персоналом другой дистанции был использован дрон типа DJI MAVIC PRO во время обследования мостов и работ по ремонту мостов, полученные фотографии с которых приведены ниже. Здесь уже использовался беспилотник с более серьезными параметрами, который по своим возможностям можно использовать более широко.



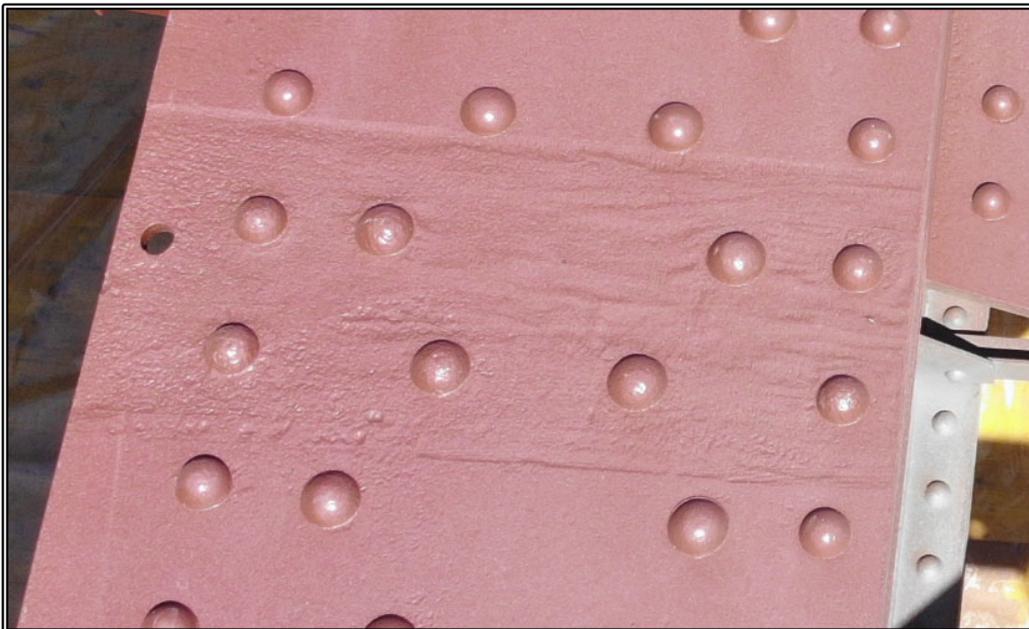
Дрон типа DJI MAVIC PRO

Съемки, сделанные во время работ по защите от коррозии, замене мостовых брусьев и изоляционных работ моста:



Ремонтные работы моста через р. Зала у с. Алибанфай «с высоты птичьего полета»

Благодаря камере высокого разрешения дрона можно четко увидеть износ, вызванный мостовыми брусьями в верхнем поясе балки моста, и состояние бетонной поверхности, получающей изоляцию (увеличение может быть выполнено путем цифрового увеличения изображения с высоким разрешением и / или приближением дрона - если обстоятельства - напр. контактная сеть – это позволяет).



Следы заедания от мостового бруса на верхнем поясе продольной балки



Состояние изолируемой бетонной поверхности

Обследование конструктивных элементов, показанных на рисунках ниже, было бы возможно только с помощью строительных лесов стоимостью, аналогичной стоимости используемого дрона.



Верхняя поверхность опоры и стыковка с пролетным строением (высота ~ 7 м)



Обводнение пролетного строения и тротуарной консоли (высота ~ 8 м)

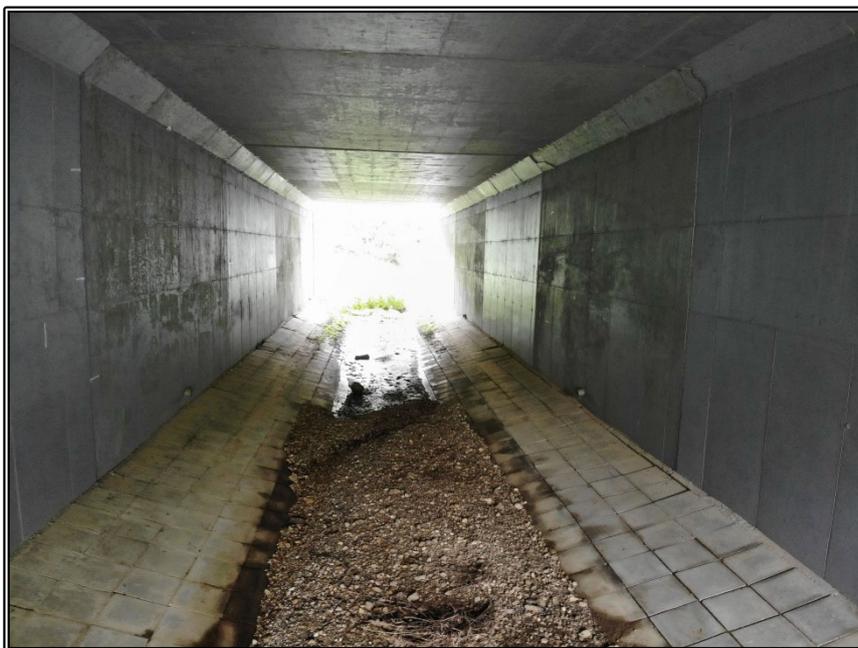
2.1.1. Фотографии, сделанные во время осмотра ИССО

Использование дрона может оказать большую помощь кроме осмотра труднодоступных, высотных конструктивных элементов крупных ИССО, а также при поиске и осмотре мелких, заросших мелких ИССО, которые сложно найти.



Труднодоступное, заросшее кустами ИССО

В случае продвинутой системы обнаружения дроном препятствий и хорошо обученного пилота «визуализация» внутренностей более мелких ИССО также не является препятствием.



Внутри ИССО коробчатого сечения

Дрон с оптикой достаточно высокого разрешения может быть пригоден для оценки состояния дефектов различных конструктивных элементов, составления карт дефектов и периодического контроля обнаруженных дефектов.



Съемка изображения трещины в откосной стенке

2.2. Обследование мест аварий, вызванных селевыми потоками

Возникший селевой поток в нескольких местах перевалилась через противоселевое ограждение, защищающее железнодорожный путь, затопив и разобрав железнодорожный путь и его придорожный откос. Аварийная ситуация привела к закрытию движения поездов на несколько недель и дорогостоящим восстановительным работам.



Сель, перевалившаяся через противоселевое ограждение

Для выяснения причин инцидента отделом мостов с помощью беспилотника DJI MAVIC PRO 2 сделало фотографии с высоты птичьего полета, на которых видны полосы размыва, образованные стекающей с горы водой.



Линии эрозии, образующиеся на склоне горы



Места переваливания селевого потока через защитное ограждение железной дороги

2.3. Использование дронов в инспекции строительных работ

В условиях организации СЖ, в контексте масштабных строительных работ, использование дронов в качестве средства контроля и мониторинга строительных работ постепенно применяется подрядчиками.

В настоящее время наиболее часто используемым дроном является DJI PHANTOM 4 RTK. Этот дрон оснащен системой RTK GPS и для уточнения положения использует доступные поправки системы CZEPOS (Государственная сеть постоянных (референсных) станций точного позиционирования). Эта система позволяет присвоить каждому фотограмметрическому снимку точное RTK-положение с точностью до 2 см по координатам X и Y и по высоте до 5 см.

Кроме того, задаются такие данные, как азимут компаса, угол относительно поперечной оси и угол относительно продольной оси. Оба выхода обычно объединяются в Единую тригонометрическую кадастровую сеть. Целью этого является возможность их использования также для геодезических целей.

Полученные ортофотопланы впоследствии собираются с использованием кадастровых карт, ситуаций из проектной документации или другой необходимой основы. Затем по ним можно вычислить площади и расстояния.

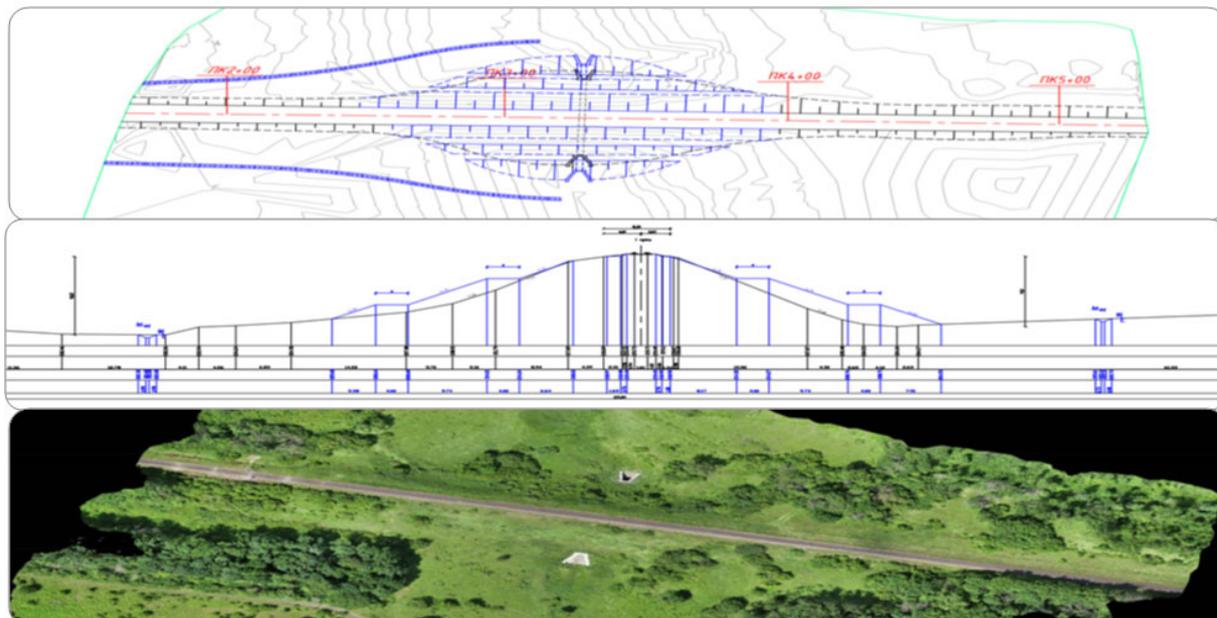
Чаще всего 3D-модель используется в формате ".las", что означает использование "облака точек". Эти облака точек можно использовать для расчета объемов раскопок, создания поперечных сечений местности или искусственных земляных тел. Поверхность рельефа также может быть смоделирована таким образом 3D-модель также может быть использована для конкретных строительных нужд, таких как мониторинг горной массы и определение участков для проведения необходимых восстановительных работ, выделение участка с охраняемой флорой и определение объема для ее переноса в другое место и т.д.

Облака точек также можно использовать в широко распространенном геодезическом программном обеспечении, как Microstation или Autodesk.

2.4. Применение дронов для обследования объектов земляного полотна ОАО «РЖД»

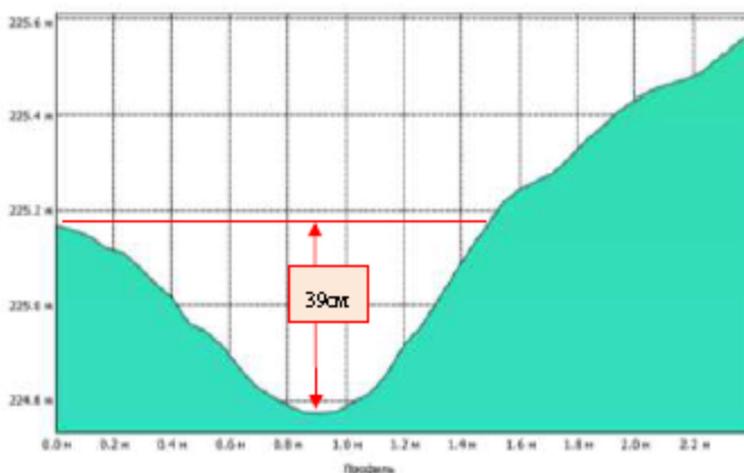
С 2021 года на сети дорог ОАО «РЖД» для обследования земляного полотна наряду с

геофизическим и геодезическим оборудованием применяются геодезические дроны (DJI PHANTOM 4 RTK). Дроны позволяют выполнять лазерное сканирование и фотосъемка местности с последующим построением ортофотоплана в специализированном программном обеспечении. По результатам обработки ортофотопланов строятся топографические планы и поперечные и продольные профили местности.

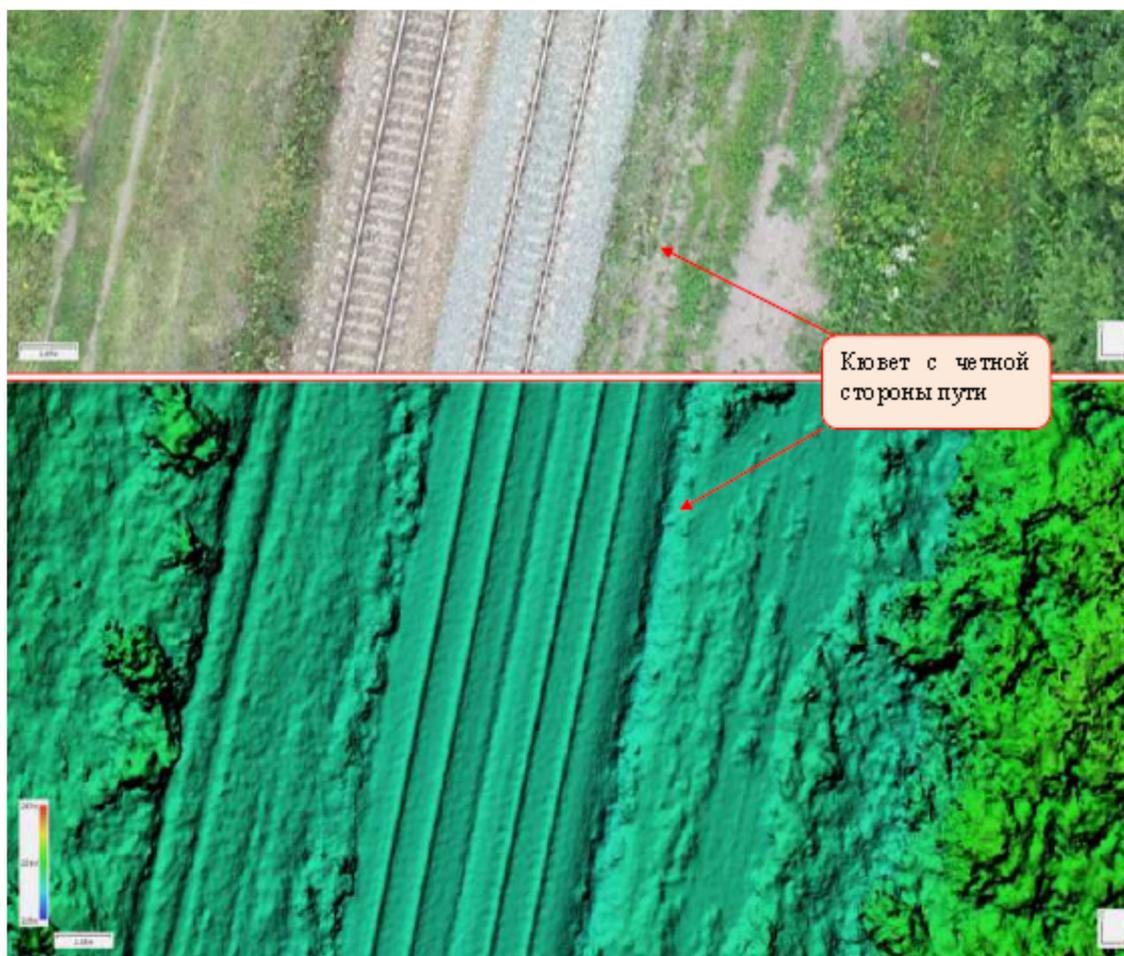


Обработка результатов съемки с дрона в специализированном ПО

При обработке облака точек полученного с дрона производится оценка состояния водоотводных сооружений (водоотводных и нагорных канав, кюветов и т.д.), строятся их поперечные и продольные профили, определяются объемы земляных работ и динамика работанности водоотводов.



Построение поперечного профиля кювета



Анализ облака точек

Кроме того, результаты съемки с дронов позволяют отслеживать развитие карстовых и оползневых процессов, отслеживать размывные процессы, происходящие вблизи насыпей железнодорожного полотна расположенных по прижимам рек, производить паспортизацию объектов инфраструктуры и многое другое.



Участок железной дороги расположенный по прижиму реки

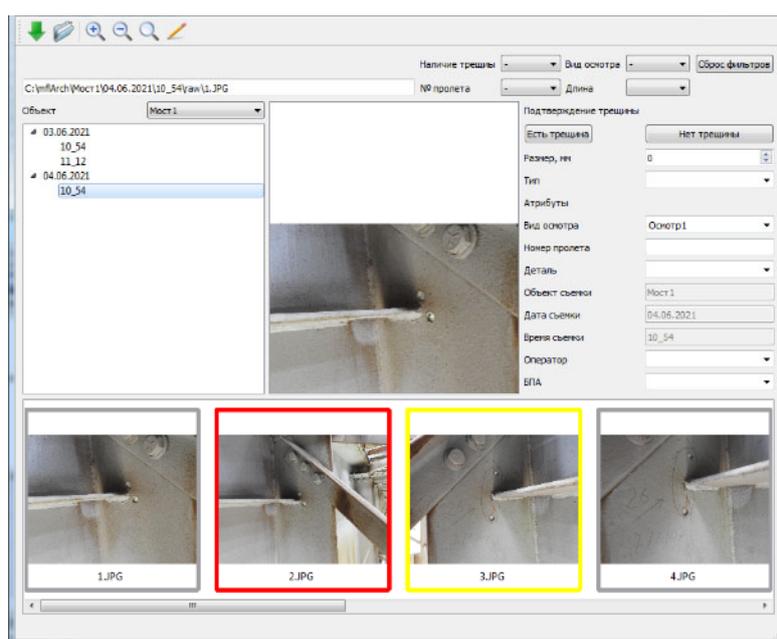
2.5. Применение дронов для обследования искусственных сооружений ОАО «РЖД»

Для обследования искусственных сооружений ОАО «РЖД» применяются два вида дронов: геодезические и защищенные. Геодезическими дронами оценивается участок водотока выше и ниже мостового перехода (изменения угла падения реки и плана русла). Защищенными дронами производится видеосъемка труднодоступных мест конструкций пролетных строений (проезжая часть, верхние и нижние пояса ферм и балок).



Защищенный дрон для обследования пролетных строений мостов

Видеосъемка обрабатывается нейронной сетью в специализированном программном обеспечении. По результатам автоматически формируется ведомость дефектов. Применение дронов при обследовании искусственных сооружений позволяет минимизировать риски работы на высоте и влияние человеческого фактора на результаты диагностики.



Программное обеспечение



Пример распознавания нейронной сетью трещины в зоне сварного шва

3. ПРАВОВОЕ УРЕГУЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРОНОВ (В ВЕНГРИИ)

Важно отметить, что нормативно-правовая среда динамично меняется, поэтому описанные ниже правила необходимо периодически пересматривать.

Правила, вступающие в силу, классифицируют различные условия использования дронов в зависимости от веса устройства и цели использования на 3 категории риска:

- А1: «открытая» категория (низкий риск): из-за низкого уровня возможных рисков для начала использования не требуется предварительного уведомления или специального разрешения. безопасность достигается ограничением эксплуатации, соблюдением промышленных стандартов, требованием наличия определенных функций и минимальными правилами эксплуатации. За соблюдением этого в первую очередь следит полиция.
- А2: «особая» категория (средний риск): более высокий уровень возможных рисков, или сложность операции требует предварительного официального уведомления, или разрешения (от национальной авиационной администрации: НАА).
- А3: «классифицированная» категория (повышенный риск): в этой категории оператор должен получить лицензию на осуществление деятельности с соблюдением организационных и процедурных требований, при условии соблюдения системы официального надзора. Надзор осуществляется национальной авиационной администрацией (лицензирование, техническое обслуживание, эксплуатация, обучение и одобрение аэропортовой организации) и Агентством (исполнение и одобрение со стороны иностранных организаций).

3.1. Основные правила для дронов

- усиленные маркетинговые стандарты качества (CE)
- возможность геозоны / GIS (GPS)
- уникальный идентификатор (в виде номера шасси, ID)
- все дроны, способные записывать данные (не игровые), должны быть зарегистрированы.

3.2. Правила для дронов в зависимости от категории классификации

Категория А1 (может быть игрушечный или бизнес вариант):

- ограничение по весу: 0,25 кг для игрушечного дрона и 0,9 кг для бизнес-целей
- регистрация: требуется для бизнес-целей
- тип разрешения (для бизнес-целей): Проведение электронного обучения
- максимальная высота полета: 50 м
- может быть над людьми, а над толпой нет
- общие цели использования: в случае игр или бизнес целей - перечисленные в А2.

Категория А2:

- ограничение по весу: 4 кг
- регистрация: требуется
- характер лицензии: водительские права
- максимальная высота полета: 150 м днем, 50 м ночью
- на безопасном расстоянии от людей, не над ними
- общие цели использования: напр. мониторинг, съемка, сбор данных, аэро дистанционное зондирование, проверка линий электропередачи, киносъемка

Категория А3:

- ограничение по весу: 25 кг
- регистрация: требуется
- характер лицензии: служебная лицензия, проверка летной годности, ведение эксплуатационного и полетного журнала
- максимальная высота полета: не ограничена
- вдали от людей, населенных пунктов
- общие цели использования: напр. распыление, транспорт, другое специальное промышленное использование (в основном промышленное использование / обслуживание)

3.3. Основные правила управления дроном (в дополнение к выше перечисленным)

- не разрешается летать ближе 20 метров к людям (кроме человека, который управляет устройством или направляет пилота,
- один человек может одновременно управлять только одним дроном,
- запрещено летать над районами, где это может угрожать общественной безопасности или где действуют меры по защите от стихийных бедствий, пользователь может быть освобожден от этого, если он получил предварительное разрешение,
- дрон должен управляться только таким образом, чтобы оператор не подвергал опасности другие воздушные суда, людей или имущество,
- если дрон тяжелее 100 г, ему запрещено летать в радиусе 5,5 км от аэродромной диспетчерской зоны (CTR) контролируемого аэропорта,
- Полет разрешен вблизи неконтролируемого аэродрома или вертолетной площадки при условии, что оператор уверен в отсутствии прибывающих или вылетающих самолетов. В случае, если оператор обнаруживает прибывающий или вылетающий самолет, он должен немедленно прервать полет, отвести свой дрон и приземлиться как можно быстрее.

- должны соблюдаться права на неприкосновенность частной жизни, запрещается снимать фото или видео других людей без их согласия,
- Пилот не должен находиться под воздействием изменяющих сознание веществ или алкоголя.

4. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ИНТЕГРАЦИИ В НАДЗОРНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИССО

Опираясь на прошлый опыт, не возникает сомнений в легитимности поддержки надзора при помощи дронов. Однако необходимо изучить и проработать глубину и условия, при которых этот метод может быть интегрирован в надзорную деятельность.

4.1. Возможные области применения

4.1.1. При регулярном осмотре ИССО

Визуальный осмотр труднодоступных или недоступных мест:

При осмотре верхнего пояса главной балки, подрельсовых элементов конструкции и т. д. значительная экономия времени и средств может быть достигнута за счет отказа от инструментов, услуг, ограничений, необходимых для визуального осмотра конкретных компонентов (фасадные и / или подвесные леса, специального автомобиля с манипулятором, использование альпинистов, инспекционный дрезина контактной сети с персоналом, «окна», ограничения дорожного движения, и др.).

Метод явно подходит для прямого визуального осмотра и для определения того, есть ли изменение в данном конструктивном элементе, которое в дальнейшем требует инструментальной проверки.

Запись карты дефектов:

Исходя из сложившейся практики, устройства визуализации, используемые в исследованиях (как правило, служебный планшет осмотра моста и/или смартфон), часто не дают достаточной информации об общем состоянии той или иной конструкции или конкретного дефекта. Беспилотник среднего и низкого класса уже имеет оптику с разрешением, которая, помимо труднодоступных структурных элементов, подходит для записи карт неисправностей легкодоступных частей, а затем для их мониторинга во времени.

4.1.2. При целевом обследовании по требованию

В случае проведения целенаправленных внеплановых визуальных осмотров известных или вновь выявленных дефектов элементов конструкций, труднодоступных мест (например, контроль под усиленным наблюдением).

4.1.3. При расследовании аварийного случая

Осмотр с высоты (до 10, даже до 100 м) данного водосборного бассейна, а также течения на верхней и нижней сторонах железной дороги может быть очень полезен при расследовании аварии, связанного с наводнением, и при планировании её ликвидации.

4.2. Исполнитель обследовательской деятельности с помощью дронов

- **ЗАО «МАВ» своей компетенции:**

Предлагается для каждой региональной дирекции инфраструктуры подготовка не менее двух пилотов дронов и предоставление не менее одного дрона для периодических и

возможных целевых проверок с дроном в собственном подчинении.

- **В рамках рамочного договора, заключенного с Центром диагностики:**

В дополнение к созданию условий для проведения испытаний дронов, которые могут выполняться собственной компетенции, рекомендуется расширить перечень заказываемых задач, указанных в рамочном контракте между Центром диагностики МАВ и Отделом диагностического анализа и проектирования МАВ визуальным обследованием при помощи «промышленных» дронов.

4.3. Рекомендуемые технические параметры дрона для использования в целях надзора

Основные данные:

- Макс. время полета: мин. 25-30 минут
- Макс. время левитации: мин. 20-30 минут
- Режим GPS: GPS/ГЛОНАСС
- Пульт дистанционного управления
- частота: от 2,4 ГГц до 2483 ГГц
- Поддерживаемые разъемы: Lightning, Micro USB, USB

Камера:

- Сенсор: 1/2,3 "(CMOS), Эффективный пиксель: 12,35 Мп
- Объектив: Угол обзора: 78,8°, 28 мм, f/2,2
- Диапазон ISO: 100–3200 (видео), 100–1600 (фото)
- Затвор: 8с-1/8000с
- Макс. размер изображения: 4000x3000
- Режимы съемки: Простое изображение, Серийная съемка

Видео:

- С4К: 4096x2160 24р
- 4К: 3840x2160 24/25/30р
- 2.7К: 2704x1520 24/25/30р
- FHD: 1920x1080 24/25/30/48/50/60/96р
- HD: 1280x720 24/25/30/48/50/60/120р
- Макс. битрейт: 60 Мбит/с
- Поддерживаемые форматы файлов: FAT32, exFAT
- фото: JPEG, DNG
- видео: MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264)
- карта памяти: Micro SD, макс. емкость 64 ГБ

Другие характеристики:

- интеллектуальная система обнаружения препятствий
- 3-осевая стабилизация
- Возможность записи съёмки над головой
- Светодиодное освещение

Комплектующие:

- мин. 3 упаковки запасных батареек
- полевой док

4.4. Условия надзора с помощью дронов

Регулирование в рамках МАВ:

- дополнение инструкций регулирующих надзорную деятельность при поддержке дронами

Обеспечение персональных и предметных условий в рамках МАВ:

- получение пилотной лицензии на предполагаемое количество сотрудников-мостовиков
- приобретение дронов с рекомендованными техническими параметрами

Соответствие законодательству:

- Обеспечение условий, перечисленных в Разделе 3 для категории риска (A1/A2/A3) в зависимости от используемого дрона и вида деятельности (запрос разрешения национального авиационного органа на постоянное и специальное использование воздушного пространства, регистрация дрона и т. д.)

Обеспечение условий для полевого осмотра:

- предварительное проектирование метода испытаний (какие конструктивные элементы, в каком порядке, каким методом и т. д.)
- предварительное определение ограничений, необходимых для проведения проверки (железная дорога, автомобильный транспорт) (снятие напряжения в контактной сети, «окна», ограничение дорожного движения), их своевременный запрос.