

А БА ГА ДА ЖА ЗА КА
ЛА МА НА ПА РА СА ТА

Е.М. Митрофанов, Н.С. Шайтура, А.В. Залецкий,
И.В. Липин, С.А. Серебряков

**Основы применения беспилотных
аэрофотосъемочных систем**

Учебно-методическое пособие

ЛИ МИ НИ ПИ РИ ВИ ТИ
ФИ ХИ ЦИ ЧИ ШИ ЦИ
То бо го до жо зо ко
ло мо но по ро го то
фо хо цо чо шо цо
Ль бл
лм
Бургас
2023

Министерство юстиции Республики Болгария

**Институт гуманитарных наук, экономики
и информационных технологий**

Е.М. Митрофанов, Н.С. Шайтура, А.В. Залецкий,

И.Н. Липин, С.А. Серебряков

Основы применения беспилотных аэрофотосъемочных систем

Fundamentals of the use of unmanned aerial photography systems

Учебно-методическое пособие

Бургас 2023 г.

*Печатается по решению
Ученого совета ИГНЭИТ, г. Бургас, Болгария*

УДК 528.7
ББК 26.113

Рецензенты:

Ю.П. Кожяев – доктор экономических наук, профессор
Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»),
Yu.P. Kozhaev - Doctor of Economics, Professor, Russian University of Sports "GTSOLIFK",
Шайтура С.В. – к.т.н, доцент, Российский университет транспорта (МИИТ)
Shaitura S.V. – Ph.D., Associate Professor, Russian University of Transport (MIIT)

Авторы:

Митрофанов Е.М.,
Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи, Россия
Mitrofanov E.M., Mytishchi branch of MSTU im. N.E. Bauman, Mytishchi, Russia
Шайтура Н.С.,
Российский государственный аграрный университет МСХА имени К. А. Тимирязева
Shaitura N.S.
Russian State Agrarian University Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev
Залецкий А.В.,
Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАИК)
Zaletsky A.V.,
Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAİK)
Липин И.Н., ООО «Беспилотные авиационные системы» г. Пермь
Liping I.N., LLC Unmanned Aerial Systems, Perm
Серебряков С.А.
Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАИК)
Serebryakov S.A.
Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAİK)

Митрофанов Е.М., Шайтура Н.С., Залецкий А.В., Липин И.Н., Серебряков С.А.
Основы применения беспилотных аэрофотосъёмочных систем: учебно-методическое
пособие – Бургас: Издательство ИХНИИТ, 2023. – 125 с.

В издании рассмотрены основы применения беспилотных авиационных систем для решения
аэрофотосъёмочных задач. Описанные подходы по ручному и автоматизированному управлению
беспилотных воздушных судов в процессе аэрофотосъёмки и обработки полученных фотоматериалов на
цифровых фотограмметрических станциях.

Учебно-методическое пособие предназначено для обучающихся в сфере беспилотных
аэрофотосъёмочных систем и космического мониторинга.

УДК 528.7
ББК 26.113

© Институт гуманитарных наук, экономики
и информационных технологий, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАФИИ. ИСКАЖЕНИЯ, ДИСТОРСИЯ, МЕТАДААННЫЕ, РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ	9
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 ОСНОВЫ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ БПЛА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА НА ВИРТУАЛЬНОМ ТРЕНАЖЕРЕ	20
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ БПЛА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАЛЬНОЙ ТРЕНИРОВОЧНОЙ МОДЕЛИ.	28
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4 НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛЕТОВ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАНТОВ БПЛА	38
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5. ПЛАНИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСЪЁМОЧНОГО ПОЛЕТНОГО ЗАДАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БАС	55
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. ВЫПОЛНЕНИЕ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО БВС МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА НА ЗАДАННУЮ ТЕРРИТОРИЮ.	65
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. ПОТОКОВАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ В РАСТРОВЫХ РЕДАКТОРАХ	76
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8 ОБРАБОТКА ДАННЫХ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПОРНЫХ ТОЧЕК	89
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9 ОБРАБОТКА ДАННЫХ С МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЙ КАМЕРЫ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АЭРОФОТОСЪЕМКИ	109

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Практическое (производственное) обучение» входит в учебные планы основных образовательных программ подготовки студентов МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана по направлениям подготовки «Профессиональное обучение (по отраслям)» (уровень бакалавриата) и состоит из трех модулей, изучаемых в течении одного семестра. Данное учебное может быть использовано в модулях дисциплины: «БПЛА и Аэрофотосъемка», «Фотограмметрическая обработка» и «Решение прикладных задач».

В рамках данного учебного пособия студенты выполняют практические занятия, знакомясь с полным циклом аэрофотосъёмочных работ с применением беспилотных воздушных комплексов, включающих в себя планирование аэрофотосъёмочных мероприятий, организационно-правовое их обеспечение, контроль выполнения аэрофотосъемки со стороны внешнего пилота, а также обработку полученных результатов в цифровой фотограмметрической станции (ЦФС) с целью получения стандартной фотограмметрической продукции.

Выполнение практических занятий предполагает формирование набора отчетных материалов и выполнение самостоятельной работы, подробно описанной в соответствующих разделах данного учебно-методического пособия. Процедура защиты результатов включает в себя демонстрацию результатов, навыков решения поставленной тематической задачи и ответы на теоретические вопросы. Положительной оценкой при защите работы является «зачтено».

Задачей данного учебно-методического пособия является подготовка обучающегося в качестве внешнего пилота беспилотной авиационной системы с аэрофотосъёмочной системой на борту беспилотного воздушного судна, способного обрабатывать полученные результаты фотограмметрическими методами.

ВВЕДЕНИЕ

Стимулом к развитию беспилотной авиации во всем мире, прежде всего, послужило ее успешное применение армиями Израиля и США в ходе военных операций на Ближнем Востоке. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) использовались как средства разведки, сопровождения боя, в качестве разведывательных средств, ложных мишеней, доставки грузов, техники сопровождения боя и т.п. В Воздушном кодексе Российской Федерации принята терминология: беспилотное воздушное судно (БВС) и беспилотная авиационная система (БАС), тогда как в армии принято сокращение БЛА — беспилотный летательный аппарат. Развитие концепции беспилотных авиационных комплексов не замкнулось на военную сферу и БВС все чаще стали применяться в повседневной деятельности человека с целью решения самых разнообразных задач [16].

На сегодняшний день по данным различных информационных агентств БВС и сопутствующая продукция производятся в более чем 60 странах мира. Несмотря на то, что производство БАС является наукоемкой задачей, связанные с ними научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в большинстве случаев требуют относительно малого вложения различного рода ресурсов. По этой причине на рынке по производству и эксплуатации БАС могут успешно выступать не только крупные игроки, но и малые инициативные предприятия.

Запросы военных ведомств на БАС и сопутствующую продукцию (средства валидации и оперативного ремонта, полезная нагрузка и проч.) велики и разнообразны, в рамках своей особой специфики. Однако далеко не каждый производитель может надеяться на получение оборонных заказов. Это приводит к тому, что многие компании, занимающиеся разработкой и применением беспилотных авиационных систем, начинают обращать пристальное внимание на потенциал и перспективы применения своих разработок в гражданской и коммерческой сфере. В свою очередь самые разнообразные государственные ведомства и службы, функции которых

связанны с охраной, мониторингом и контролем различных объектов испытывают потребность в получении дешевых, надежных и оперативных пространственно-привязанных данных [1, 6].

БВС удалось закрепиться в качестве нового и эффективного фотограмметрического инструмента благодаря недостаткам таких традиционных методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) аэрокосмического базирования, как аэрофотосъемка с воздушных пилотируемых аппаратов и зондирование с космических спутников [2, 4, 8, 9]. Современное развитие технологий спутниковой съемки не позволяет получать данные с разрешающей способностью, позволяющей выполнять крупномасштабное картирование [10 - 12]. Так же остро стоит вопрос облачности, оперативности и атмосферной коррекции. Дистрибьюторы космических данных дистанционного зондирования (ДДЗ) не предоставляют гибких ценовых планов в отношении закупок материалов на компактные участки интереса. Традиционная аэрофотосъемка с самолетов требует высоких экономических и ресурсных затрат, проигрывает в оперативности и обычно требует наличия развитой инфраструктуры рядом с объектом съемки [3, 5, 7].

Аналогично с космическими ДДЗ получать данные на локальные по площади объекты этим способом не очень эффективно. Таким образом, БАС заняли свою нишу благодаря таким преимуществам как: рентабельность; возможность съемки с небольших высот и получение данных со сверхвысоким линейным разрешением, оперативности применения и возможности применения в зонах ЧС в качестве средства получения оперативной информации без риска для жизни и здоровья пилота. Стоит отметить, что технология аэрофотосъемки с БВС в значительной степени отработана. В настоящее время большая часть существующих и эксплуатируемых БВС предназначены для воздушной разведки и наблюдения, которые осуществляются с помощью фото- и видеосъемки [13 - 15].

Следует отметить, что вопросы сертификации, страхования БАС, подготовки специалистов по их эксплуатации на момент написания данного учебного пособия урегулированы не в полной мере. Согласно Воздушному кодексу, обязательная регистрация и сертификация потребуется для БВС с максимальной взлетной массой (МВМ) свыше 30 кг, тогда как для категории с МВМ от 0.15 кг до 30 кг включительно потребуется обязательный учет. Условная простота применения и относительно низкая стоимость БАС в купе с отсутствием необходимости проводить обязательную сертификацию воздушных судов с МВМ 30 кг и менее приводит к тому, что очень часто внешние пилоты (операторы БПЛА) не имеют профильного образования, а применяемые БВС не соответствуют каким-либо техническим требованиям. На профильных конференциях, например крупных отечественных ассоциаций производителей и эксплуататоров БАС, таких как ассоциация «Аэронекст», открыто поднимаются вопросы подготовки кадров и разработки требований к БАС для легитимизации их применения и обеспечения безопасности полетов.

Данное учебно-методическое пособие признано ознакомить обучающихся с основами прикладного применения БАС с целью получения практических навыков в ручном управлении БАС, в планировании и проведении аэрофотосъемочных мероприятий с использованием БВС, а также последующей обработкой полученных фотоматериалов в фотограмметрическом программном обеспечении.

ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАФИИ. ИСКАЖЕНИЯ, ДИСТОРСИЯ, МЕТАДААННЫЕ, РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

Цель занятия: знакомство с характеристиками цифровых фотоаппаратов, устанавливаемых на беспилотных летательных аппаратах, изучение метаданных и работа с тестовыми объектами для валидации характеристик материалов дистанционного зондирования, получаемых в результате съемки цифровыми камерами.

Современные цифровые фотоаппараты являются высокотехнологичными приборами для регистрации неподвижных изображений. Получаемые в процессе съемки фотоизображения строятся по строгим математическим законам, что позволяет посредством их фотограмметрической обработки получать продукцию в виде трехмерных моделей объектов, цифровых моделей поверхностей, измерительных видеосцен и иных пространственных данных. Как и любой другой современный точный цифровой прибор, фотоаппарат обладает набором характеристик, которые позволяют оценить качество генерируемых в процессе его эксплуатации материалов.

Условия эксплуатации цифровых камер и сенсоров в процессе летных мероприятий с применением БВС далеки от идеальных. Малогабаритные воздушные суда в большей степени подвержены вибрациям и воздействию порывов ветра. Дополнительно, далеко не всегда БВС можно укомплектовать дополнительными элементами полезной нагрузки, типа гиростабилизирующей платформы или датчиков освещенности в момент съемки. Так же среди специалистов, применяющих БАС, очень популярны камеры стандартных форматов (Sony Alpha 5000, Olympus и др.), производители которых не проектируют данную аппаратуру с учетом решения аэрофотосъемочных задач.

Таким образом, процессу верификации и валидации полученных в процессе съемочных мероприятий с применением беспилотной авиации

данных следует уделять повышенное внимание. Первичный анализ обычно проводится в полевых условиях, сразу после получения данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Очевидно, что качество итоговой продукции очень сильно зависит от качества исходных данных, и если результаты аэрофотосъемки не устраивают по набору параметров и критерий, то съёмочные мероприятия приходится выполнять повторно.

Для выполнения процесса валидации установленной на БАС съёмочной аппаратуры и получаемых с нее данных требуется специальное программное обеспечение и применение тестовых объектов особого типа. На практике очень часто встречается ситуация, когда ряд снимков по причине воздействия внешних факторов (внезапный порыв ветра, сбой в программном обеспечении камеры) имеет не удовлетворительные для дальнейшего использования характеристики. Такие съёмочные материалы относятся к категории брака, изымаются из набора и не применяются в процессе дальнейшей обработки.

1. Постановка задачи и исходные данные

В процессе выполнения данного задания, обучающиеся получают практические навыки изучения характеристик цифровых фотоматериалов, анализа метаданных и применения тестовых объектов-миров для обработки полученных с БВС данных, на основе прилагающихся исходных данных, в виде растровых изображений.

Данное занятие предназначено познакомить студентов с процессом валидации данных дистанционного зондирования, полученных с цифровых камер. Под термином «валидация» в данном случае подразумевается определение реальных характеристик съёмочных материалов, которые могут не соответствовать проектным характеристикам, заложенным расчётными параметрами на стадии создания проекта и формирования файла автопилота для БВС. Причины, вызывающие это несоответствие разнообразны, и могут носить грубый, случайный или систематический характер.

К примеру, систематическая проблема неисправностей в работе фотоаппарата может быть решена посредством его калибровки, юстировки или ремонта. Случайная причина получения отдельных кадров съемки с линейным разрешением на местности (ЛРМ)/перекрытием отличным от проектного может заключаться в неустойчивости платформы БВС перед внезапными непредсказуемыми порывами ветра. Такие материалы отбраковываются и изымаются из обработки проекта. Грубая человеческая ошибка оператора в процессе планирования полетного задания или ручного управления может привести к повторному залету или повреждению аппаратуры БВС.

Чаще всего основным требованием к получаемым оператором БАС данным является получение материалов, соответствующих заданному параметру линейного разрешения на местности (ЛРМ), англ. GSD — Ground sample distance. Одним из самых надежных методов определения этого параметра для цифровых и аналоговых фотографий в процессе съемочных работ является применение тестовых объектов. Примером такого рода объектов служат миры различных типов и характеристик. Процесс определения изобразительных характеристик фотоматериалов по изображениям тестовых объектов рассматривается в данном учебном задании.

2. Определение зависимости ЛРМ фотографических материалов от расстояния между фотоаппаратом и снимаемым объектом

Термин «Ground sample distance» в иностранной литературе определяют, как расстояние на поверхности Земли между соседними измерениями сенсора; шаг вдоль траектории сканирования может быть не равен шагу поперек траектории; обычно под пространственным разрешением сенсора понимают именно GSD [3].

Для выполнения данного задания Вам потребуется цифровая фотокамера (к примеру, встроенная в смартфон), рулетка,

импровизированная подставка и тестовый объект с известными характеристиками (в идеале линейка или секторная мера).

Первым действием установить на подставку (или прикрепите на стену) тестовый объект, таким образом, чтобы он располагался на высоте не менее 1 м 20 см. над уровнем пола (рис.1.1).

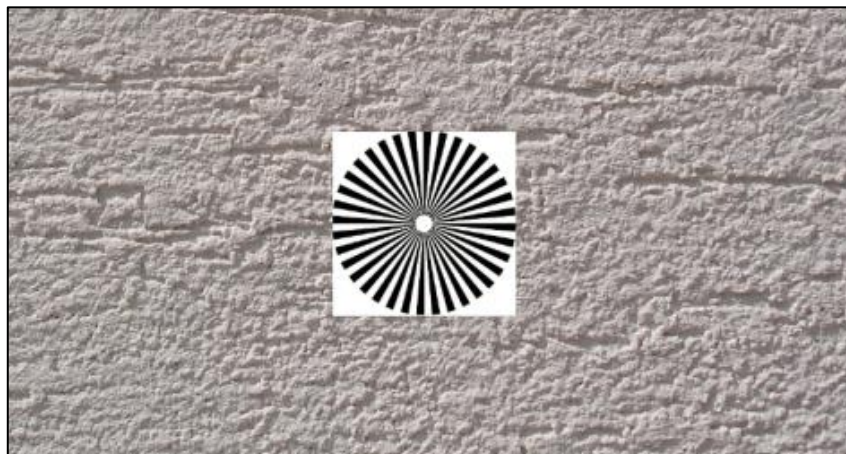


Рис. 1.1. Установка тестового объекта

Следующим шагом разбейте базис расстояний до тестового объекта рулеткой с шагом в 4 метра. Достаточно будет использовать четыре станции, расположенные на расстояниях 4,8,12 и 16 метров соответственно (Рис.1.2.).

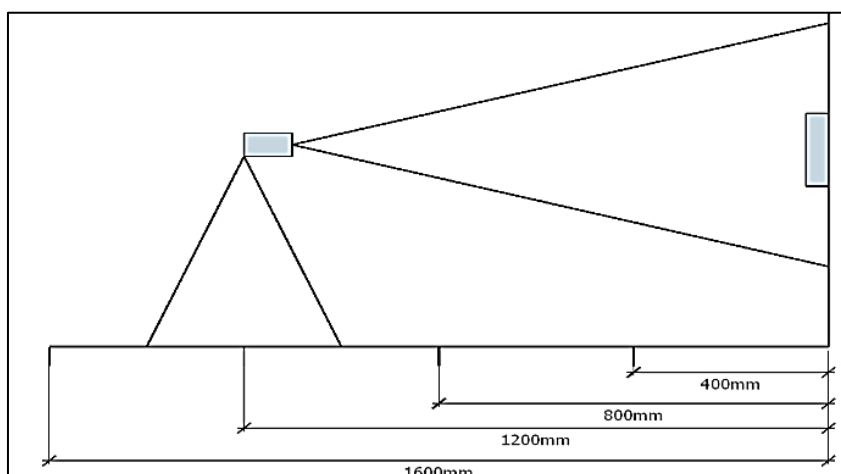


Рис. 1.2. Схематическое положение базисов фотографирования относительно тестового объекта на стене

Выполните фотографирование тестового объекта на каждом базисе со своей камеры. Извлеките изображения и откройте их в любом удобном вам графическом редакторе (MS Paint, Photoshop, Gimp и др.).

Запустите табличный редактор MS Excel и создайте таблицу вида (Рис.1.3.)

Номер	Расстояние, м	Фактический размер тестового объекта, см.	Размер объекта на изображении, пикс.	Линейное разрешение, см/пикс
1				
2				
3				
4				

Рис. 1.3. Таблица расчётов для эксперимента

Заполните эту таблицу полученными данными. Фактический размер тестового объекта вам известен и является постоянной величиной. Размер тестового объекта в пикселах на изображении можно измерить вручную в любом графическом редакторе. Линейное разрешение можно посчитать, как отношение фактического размера к размеру на изображении.

Заполнив таблицу информацией, воспользуйтесь навыками работы в MS Excel, полученными в рамках дисциплины «Информационные технологии» и постройте график изменения ЛРМ (Рис 1.4.).

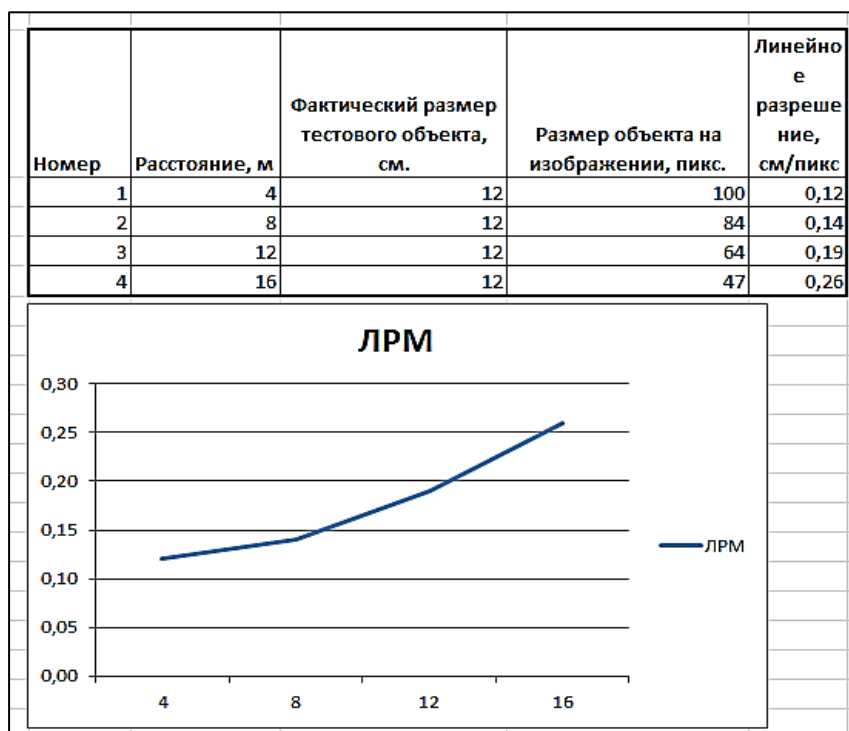


Рис. 1.4. График изменения ЛРМ в зависимости от расстояния съемки

3. Изучение метаданных съемочных материалов, полученных с БПЛА Phantom 4 Advanced

Откройте изображение [DJI_0054.jpg](#) из папки с исходными данными и визуально проанализируйте его (Рис. 1.5.). Данный снимок сделан с высоты 88 м с фокусным расстоянием 8,8 мм. Характеристики радиальной миры: 16 секторов, 0,159 м диаметр.



Рис. 1.5. Фотоматериал, полученный с БПЛА Phantom 4 Advanced

Для того чтобы посмотреть данные о съемочных материалах без использования специального программного обеспечения, достаточно воспользоваться опцией просмотра свойств файла Windows (Рис. 1.6.).

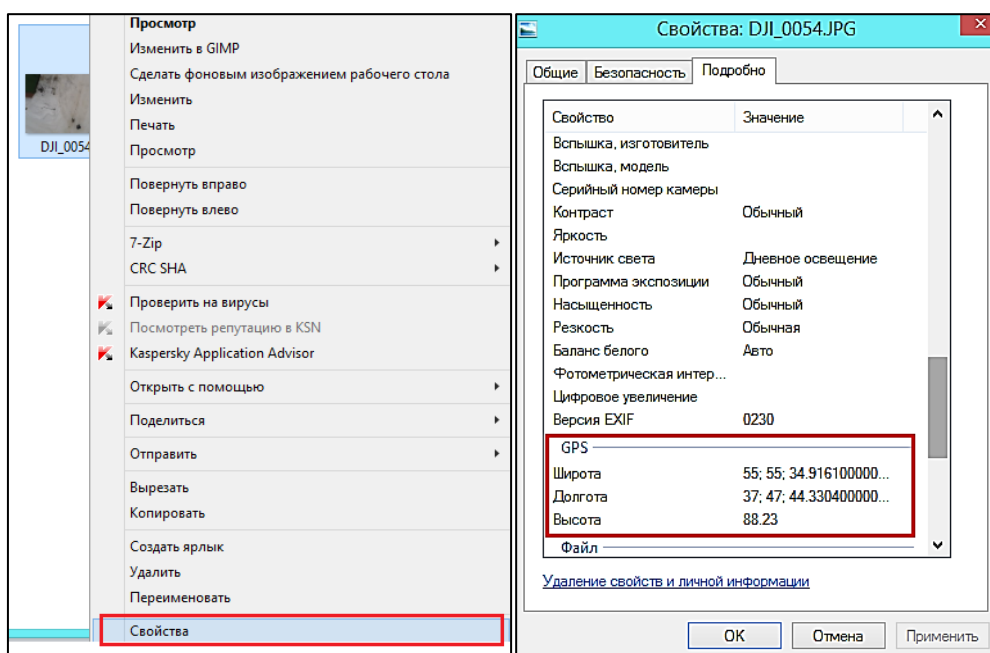
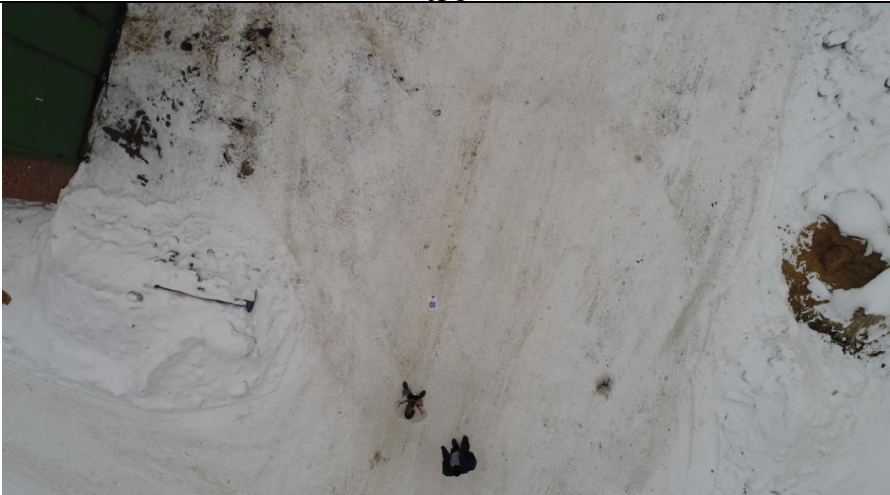


Рис. 1.6. Просмотр метаданных в свойствах файла

Внимательно изучите метаданные снимка и самостоятельно заполните таблицу по примеру ниже.

Таблица 1. Метаданные файла DJI_0054

Название файла	DJI_0054
Тип файла	.jpg
Визуализация изображения	
Широта (град.мин.сек.)	
Долгота (град.мин.сек.)	
Высота (м)	
Фокусное расстояние камеры (м)	
Выдержка (с)	
Горизонтальное разрешение (т./д.)	
Вертикальное разрешение (т./д.)	
Размер изображения по горизонтали (пикс.)	
Размер изображения по вертикали (пикс.)	
Число секторов миры (n)	
Размер миры диаметра (м)	
Материал	

Три последних параметра нельзя получить из свойств файла. Преподаватель сообщает студентам материал и реальный размер диаметра в метрах радиальной тестовой миры. Число секторов миры всегда можно самостоятельно посчитать на изображении.

4. Изучение разрешающей способности по изображению радиальной миры на аэроснимке

Последовательно выполните в MS Excel серию представленных ниже вычислений.

1. *Примерные размеры пятна нерезкости в центре миры.*

$$d_p = \frac{n}{\pi}$$

, где: n = число секторов миры, $\pi = 3,14$.

2. *Размеры изображения миры в пикселах:*

Эти параметры определяются диаметрами по горизонтали и вертикали в пикселах. Положение миры на изображении задается координатами левой ($x1$), верхней ($y1$), правой ($x2$) и нижней ($y2$):

$$D_r = x2 - x1$$

$$D_v = y2 - y1$$

3. *Оценка усредненного контраста миры:*

Оценка выполняется из сумм максимумов и минимумов значений яркостей секторов в распределении модуляции по периметру изображения миры:

$$K = \frac{\sum B_{max} - \sum B_{min}}{\sum B_{max} + \sum B_{min}}$$

4. *Расчет разрешения на местности:*

Разрешающая способность по изображению радиальной миры оценивается, в метрах, по горизонтали (ρ) и вертикали (ν), исходя из соотношения измеренных диаметров миры (D) и пятна размытия (d_p) на изображении в пикселах.

$$R_r = C \left(\frac{d_p}{D_r} \right)$$

$$R_v = C \left(\frac{d_p}{D_v} \right)$$

где: $C = (\pi * D) / n$

$$\pi = 3,14159$$

D = диаметр мира на земле (м)

n = число черных и белых секторов мира

5. Контроль выполнения задания

Лабораторное задание считается успешно выполненным, если обучающийся студент по его завершению предоставит преподавателю на проверку следующие результаты:

1. Таблицу расчётов и график изменения ЛМР в зависимости от дистанции съёмки.
2. Таблицу метаданных по снимку DJI_0054.
3. Результаты расчёта разрешающей способности по изображению радиальной мира на снимке.

6. Самостоятельная работа

В рамках самостоятельной работы по данному практическому занятию изучите метаданные файлов из папки «[БесТех] Самостоятельная работа №1» и заполните таблицу метаданных так, как это было сделано в п.3 работы. Свой вариант можно узнать из Приложения №1 к настоящему учебному пособию.

Контрольные вопросы:

1. Назовите причину, по которой верификации полученных с БАС данных следует уделять особое внимание?
2. Для решения какой задачи связанной с изучением фотографической информации используются тестовые объекты?
3. Какие типы тестовых объектов использовались в процессе выполнения учебного задания?
4. Что такое базис? Каким образом можно разбить базис в лабораторных и полевых условиях? Для каких целей использовался базис в процессе выполнения учебного задания?

5. Каким простым способом можно посмотреть метаданные файлов изображений базовыми средствами Windows?
6. Дайте определение понятию GSD?
7. Как с вашей точки зрения GSD будет меняться при изменении высоты съемки?
8. В чем выражается разрешающая способность, как возможность снимка по отдельной передаче близко расположенных объектов минимальных размеров?
9. Почему размер минимально отображаемого на снимке объекта меньше, чем его ЛРМ?
10. Напишите формулу усредненного контраста радиальной миры?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

ОСНОВЫ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ БПЛА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА НА ВИРТУАЛЬНОМ ТРЕНАЖЕРЕ

Цель занятия: получить практические навыки в ручном управлении БВС вертолетного типа и воздушной рекогносцировки, используя специально программное обеспечение-тренажер.

Сегодня для получения рекогносцировочных данных, необходимы для планирования различного рода мероприятий, применяются разнообразные технологические изыскания и методики. Многие из них опираются на применение беспилотных летательных аппаратов, которые несут на себе фото и видео аппаратуру и являются дешевым и простым в эксплуатации способом получения данных дистанционного зондирования.

Рекогносцировка с применением БВС относится к рекогносцировке аэровизуального типа. В процессе данной рекогносцировки специалист делает заметки на картографическом материале. Предварительно на них указываются маршрут движения, скорость и высота полета, ключевые ориентиры.

Наблюдения чаще всего записываются на диктофон, наиболее привлекательные участки фотографируются. Для удобства привлекаются несколько исполнителей. Основная стоящая перед ними задача – определить, указать критерии изучаемых явлений или процессов. После завершения полета подводится итог наблюдений, делаются соответствующие выводы. Аэровизуальные наблюдения предоставляют возможность:

- разбить территорию на отдельные участки, отличающиеся ландшафтной структурой;
- определить, обозначить проявления изучаемого процесса или явления для дальнейшего анализа с помощью иных технологий и алгоритмов;
- отметить точки расположения значимых участков, трасс проведения маршрутной съемки.

По итогам рекогносцировочных исследований составляется заключение, включающее текстовое описание всех обследованных участков, сделанных отметок на карте, схематическую карту, на которой отображаются разрезы отдельных участков, сводную геологическую колонку, решения по задачам, поставленным перед проведением рекогносцировки.

1. Постановка задачи и исходные данные

В соответствии с целями данной лабораторной работы обучающиеся получают навыки в управлении беспилотных летательных аппаратов типа «коптер». В процессе выполнения работы будут освоены элементы ручного управления, произведена рекогносцировка съемочной территории, пройдена трековая дистанция и произведена съемка объектов интерес.

2. Подготовка тренажера к работе

Несмотря на то, что тренажер «Real Drone Simulator» можно использовать без интеграции специальных средств управления, такой подход крайне не рекомендуется ввиду того, что полученный опыт управления будет далек от реального. Рекомендуется использовать любой поддерживаемый пульт управления для БВС или, в крайнем случае, совместимый с ОС Windows игровой «геймпад». Подключите инструмент управления к USB порту своей рабочей машины и откройте «Панель управления» из главного меню Windows. Откройте раздел «Принтеры и устройства», убедитесь, что система «видит» Ваше устройство и проверьте в свойствах функционирование его элементов управления (рис. 2.1).

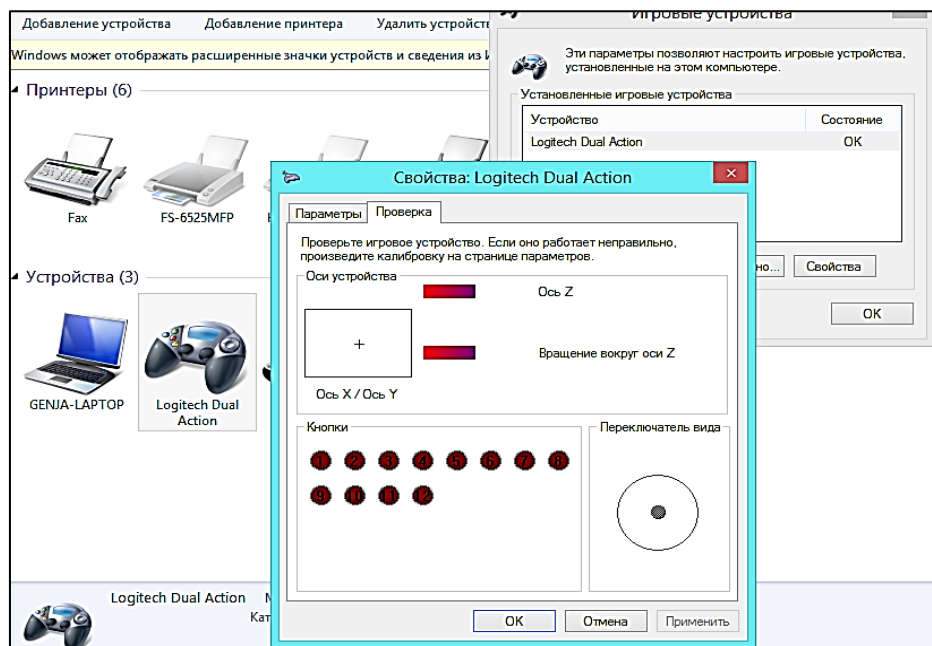


Рис. 2.1. Проверка функционирования устройств управления БВС средствами Windows

Запустите программу RDS_Pre-Alpha.exe. В открывшемся окне параметров (рис. 2.2.) запуска в закладке «Graphics» настройте визуальные характеристики. В закладке «Input» убедитесь, что «стики» вашего устройства назначены адекватно возложенным на них навигационным функциям (можно посмотреть в Приложении 1 к данной работе).

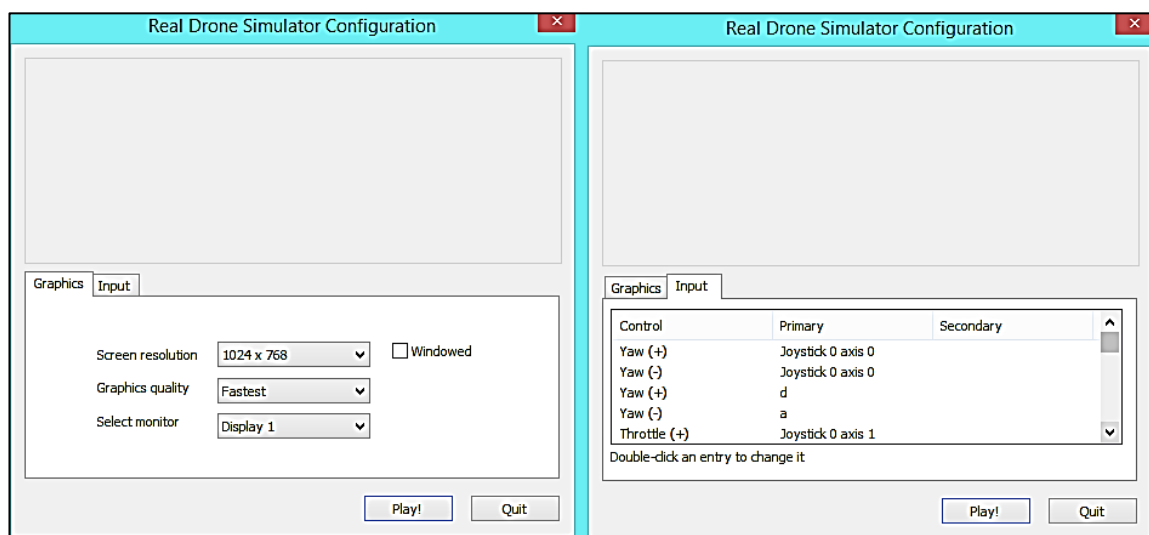


Рис. 2.2. Настройка параметров управления тренажера

Yaw – Рыскание – Развороты – Левый стик, ось X.

Throttle – Тяга – Вертикальное движение - Левый стик, ось У.

Pitch – Тангаж - Горизонтальное движение по курсу– Правый стик, ось Y

Roll – Крен – Горизонтальное движение перпендикулярно курсу - Правый стик, ось X

Убедившись, что все настроено верно, запустите процесс нажмите кнопку «ОК».

3. Знакомство с общими принципами управления БВС

Запустив тренировочную программу, обратите внимание на набор параметров, расположенный в левой стороне экрана (рис 2.3). Самостоятельно изучите их.



Рис. 2.3. Стартовая позиция коптера на тренировочной локации

Если все операции по подготовке тренажера к работе выполнены верно, можете приступать к самим полетам. Переключите камеру в любой удобный для вас режим отображения и потяните левый вверх по оси Y увеличив тягу. Это приведет, к тому, что летательный аппарат начнет набирать высоту. Поднимитесь на высоту в 20-25 метров и начните самостоятельно осваиваться с углами тангажа, крена, рыскания и их влияние на положение коптера в пространстве и его курс. Освоившись с управлением, попробуйте решить такие простые навигационные задачи, как выдерживание заданной

высоты в течении некоторого промежутка времени, облет оператора по кругу или мягкая посадка между двумя любыми черными флажками.

4.Выполнение рекогносцировки

В процессе выполнения съемочных мероприятий очень часто происходит задача рекогносцировки. Поскольку вы уже имеете некоторые навыки в управлении летательным аппаратом, попытайтесь полетать над сценой в свободном режиме, окончательно осваиваясь с управлением и отмечая выделяющиеся объекты и запоминая их местоположение (рис. 2.4.).

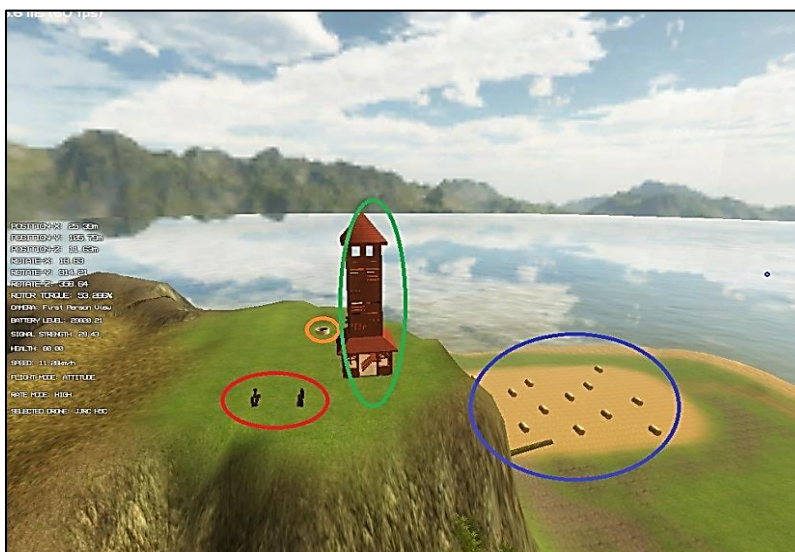


Рис. 2.4. Некоторые из объектов интереса на исследуемом объекте

5. Взлет, перемещение и посадка по контрольным точкам

Следующим упражнением будет полет с остановкой в заданных точках. Вашей задачей будет пролететь маршрут, совершая мягкую посадку (рис. 2.5) на мосту, около колодца и на поле, при этом не разбив коптер и не потеряв сигнал. Стартовой и конечной точкой будет являться любая близкая к модели оператора локация.



Рис. 2.5. Контрольные точки

6. Прохождение по заданному маршруту

В тренажер заложена трасса, постарайтесь пролететь ее отрезок (рис. 2.6.) как можно быстрее, не превышая в процессе высоту полета в 15 метров.

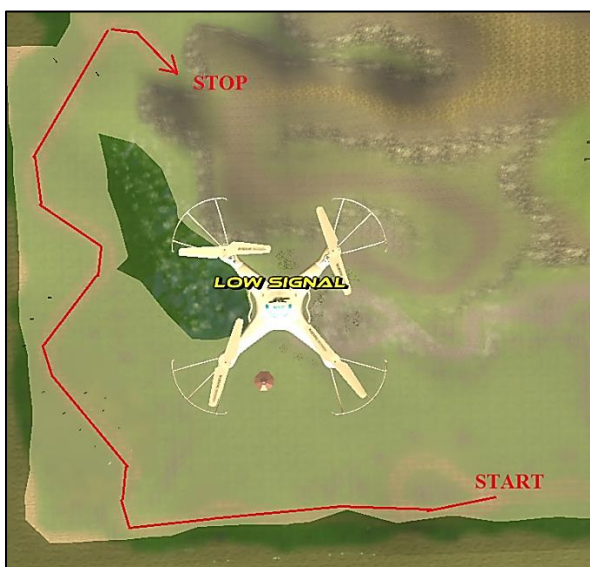


Рис. 2.6. Трек для скоростного прохождения

7. Позиционирование БВС над точками интереса с заданными прямоугольными координатами

Выполните задачу позиционирования летательного аппарата над двумя точками интереса, расположенными по координатам:

Таблица 2. Координаты БВС по трем осям

	1	2
Position X	133,0	83,0
Position Z	-83,0	130,0
Position Y (высота)	80	70

Определите, какие объекты располагаются по этим координатам.

8. Облет высотного объекта

Одной из часто решаемых посредством ручного управления задач с применением коптеров является съемка высотных конструкций. Совершите

облет расположенного на локации здания башенного типа и проведите его съемку не менее чем с восьми разных ракурсов (рис. 2.7.).



Рис. 2.7. Некоторые ракурсы съемки высотного объекта

9.Контроль выполнения задания

Контроль выполнения данного практического занятия выполняется преподавателем в процессе его выполнения. Условием зачета работы является успешное выполнение обучающимся всех описанных упражнений.

10.Самостоятельная работа

В рамках самостоятельной работы по данному практическому занятию выполните упражнения на моделях БВС, выбираемых в соответствии с Приложением №3 данного учебного пособия по номеру варианта. Задание принимается преподавателем в индивидуальном порядке у каждого студента.

Список упражнений:

1. Облет высотного объекта.
2. Прохождение по заданному маршруту.

Контрольные вопросы:

1. К какому типу рекогносцировок относится рекогносцировка с использованием БВС?

2. По какой причине в процессе рекогносцировки с использованием БАС рекомендуется работать командой не менее из 2-х специалистов?
3. Какая основная задача стоит перед выполняющими рекогносцировку специалистами?
4. Какие возможности предоставляет аэровизуальный метод рекогносцировки?
5. По какой причине применение БАС для аэровизуальной рекогносцировки является эффективным?
6. Дайте определение понятиям «крен», «тангаж», «рыскание».
7. Каким образом в процессе лабораторной задачи решается задача определения объектов интереса в точках с заданными координатами?
8. Опишите процесс решения учебной задачи по рекогносцировке.
9. Опишите процесс решения учебной задачи облета высотного объекта.
10. Опишите процесс решения учебной задачи прохождения по заданному маршруту на скорость.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ БПЛА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАЛЬНОЙ ТРЕНИРОВОЧНОЙ МОДЕЛИ.

Цель работы: *получить базовые навыки навигации в ручном режиме при использовании тренажера БВС мультироторного типа, (МТ) на примере решения упражнений.*

Несмотря на то, что в настоящий момент большая часть промышленных задач с применением БВС выполняется на основе заранее созданного задания для автопилота, навыки ручного управления являются необходимым навыком для специалиста по эксплуатации беспилотных летательных аппаратов.

Примером решаемых в режиме ручного управления задач является выполнение поисковые мероприятия, мониторинг лесных пожаров, оценка состояния труднодоступных зон мостовых перекрытий и др. Далеко не всегда существует возможность заранее запланировать маршрут полета воздушного судна. Так же в процессе эксплуатации БВС могут возникать внештатные ситуации, связанные с отклонением от курса или отказом автопилота. Подобные события угрожают успеху летных мероприятий, становятся причинами финансовых потерь и создают опасность для здоровья окружающих. При возникновении внештатной ситуации оператор БВС должен попытаться исправить положение, перехватив управление воздушным судном в ручном режиме.

Современное программное обеспечение для управления беспилотными летательными аппаратами имеет гибкие настройки управления, позволяющие оператору выбрать удобный себе режим управления. В процессе ручного управления важно следить за сигналом связи с воздушным судном во избежание потери контроля над беспилотным летательным аппаратом. В случае возникновения критических проблем в процессе полета, комплекс БАС попытается вернуть воздушное судно в точку старта «HomePoint», но полностью полагаться на протоколы аварийного возврата нежелательно. К

примеру статистика сбоев в работе для современных и популярных коптеров фирмы DJI составляет порядка 1 к 60.

1. Постановка задачи и исходные данные

При выполнении данного практического задания будет использоваться любительский коптер модели **Eachine E58**. Технические характеристики данного коптера не позволяют применять его при решении серьезных мониторинговых задач. В процессе выполнения задания обучающиеся пройдут серию упражнений, связанных с маневрированием воздушным судном в лабораторных условиях. Исходные данные для выполнения данной работы расположены в предлагающемся к этому учебному пособию архиву «**[БеспТех]Лабораторная работа №4.zip**».

1. Подготовка к работе и знакомство с базовыми элементами управления коптера-тренажера **Eachine E58**.

Внимательно ознакомьтесь правилами безопасности (рис. 3.1).

Модели дистанционного управления - это товары с высоким уровнем риска, которые должны находиться вдали от толпы при полете. Не допускается вмешательство в конструкцию или повреждение корпуса и электронного управления. Неисправное оборудование и/или безответственное управление могут нанести ущерб авиации, причинить травмы людям и привести к другим непредсказуемым авариям. Пилот должен обращать внимание на все возможные риски и несет ответственность за собственную халатность.

(1) Вдали от препятствий

При дистанционном управлении сложно определить скорость и состояние модели, поэтому важно держаться вдали от людей, высотных зданий, деревьев, ЛЭП и т.д. Избегайте ветра, дождя и других плохих погодных условий, чтобы обеспечить безопасность людям и имуществу.

(2) Вдали от влажной среды

Модель содержит множество сложных электронных компонентов и механических деталей, поэтому необходимо, чтобы модель не подвергалась воздействию влаги. Повреждение электронных компонентов влагой может привести к аварии.

(3) Безопасные действия

Пожалуйста, управляйте моделью в соответствии с вашими навыками. Сложные маневры при малом опыте увеличивают возможность случайного риска.

(4) Вдали от быстро движущихся предметов

Не подлетайте к быстро движущимся объектам, таким как лопасти ветряка или автомобиль, это может привести к ущербу имуществу или травмам людей.

(5) Вдали от высоких температур

Модель состоит из металла, композитов, пластмасс, электронных компонентов и других материалов. Во избежание деформации или повреждений держите модель вдали от источников высоких температур.

Рис. 3.1. Правила безопасности и меры предосторожности при использовании тренажёра БВС МТ EachineE5

Обратите внимание, что занятие будет проводиться в лаборатории с ограниченной площадью, что повышает риск повредить прибор или получить травму. Проявите повышенную внимательность и осторожность в процессе упражнений!

Приведите коптер **Eachine E58** в рабочее положение, установив батарею аккумулятора, разложив лучи и установив защиту на пропеллеры (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Установка аккумулятора и подготовке модели работе.

В рабочем состоянии коптер выглядит так, как это показано на рисунке

3.3.



Рис. 3.3. Приведенный в режим готовности коптер Eachine E5

Следующим шагом будет подготовка элементов управления. Пульт дистанционного управления представляет из себя (рис. 3.4) реплику

аналогичного элемента управления БВС Mavic Pro и Mavic Air. Он используется в связке с планшетом или смартфоном.

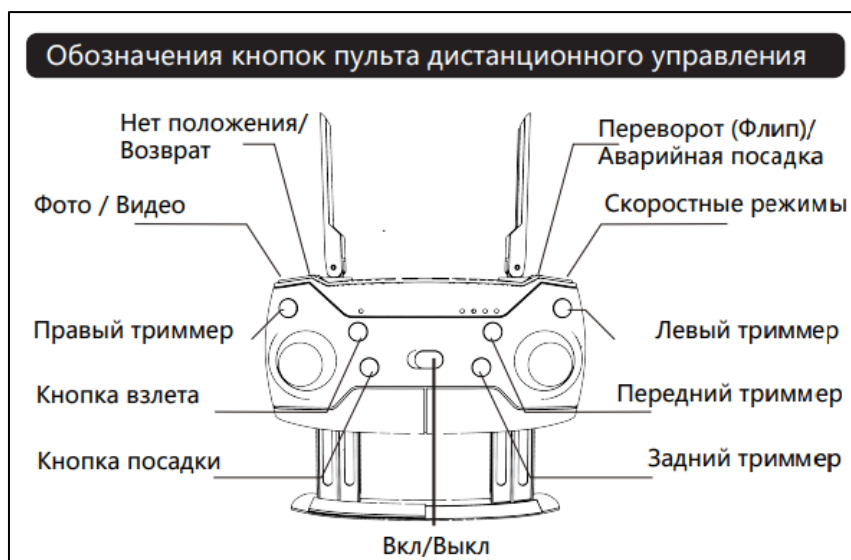


Рис. 3.4. Обозначение кнопок пульта дистанционного управления БВС Eachine E5

Установите бесплатное приложение **JYUFO** из **Apple Store/Google play** в зависимости от модели вашего телефона и следуя указаниям инструкции (рис. 3.5.) подготовьте его для работы.



Рис. 3.5. Инструкция по установке и запуске приложения навигации для Eachine E5

Убедитесь в том, что связь между пультом дистанционного управления (ДУ) и БВС МТ налажена, зафиксируйте смартфон в специальный паз. Подготовительные мероприятия можно считать завершенными и можно переходить непосредственно к выполнению упражнений.

2.Выполнение первого взлета и тримирование коптера

Управляется БВС при помощи «стиков», расположенных на лицевой части пульта управления. Их сложно не заметить, так как это самая большая часть управления пульта. Левый элемент отвечает за набор высоты и приземление (рис. 3.6). Чтобы коптер начал набирать высоту, стик следует поднять вверх, а чтобы он начал опускаться и в конечном итоге приземлился, его нужно опустить вниз.

Точно такие же действия с правым стиком заставляют устройство летать вперед или назад относительно того, куда на данный момент направлена носовая часть изделия. Это показано на правом изображении выше. Следует помнить, что чем сильнее отклонен от центрального положения стик, тем быстрее будет набираться высота, тем быстрее коптер будет лететь вперед или назад и так далее. При отсутствии опыта рекомендуется работать со стиками очень аккуратно и медленно.

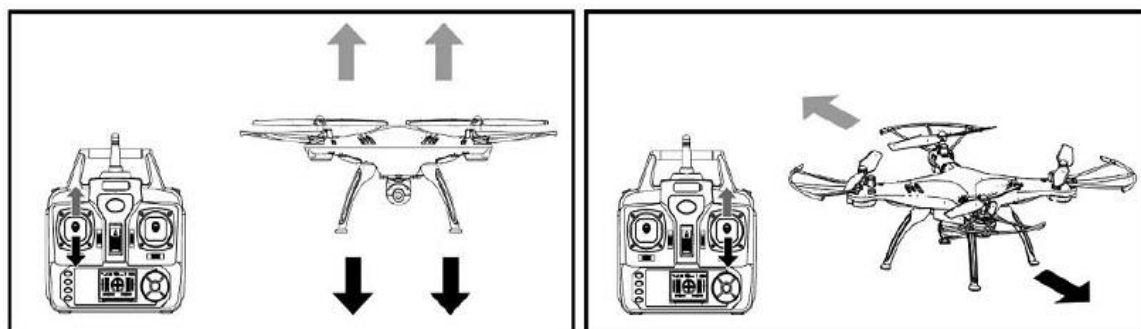


Рис 3.6. Вертикальные смещения стика при управлении БПЛА в ручном режиме

Боковые движения стиками также имеют свои последствия. Вращение квадрокоптера вокруг его оси обеспечивается при помощи использования левого стика управления. Точнее, при наклоне контроллера влево или вправо. Точно такие же действия, совершенные при помощи правого стика, заставляют летательный аппарат перемещаться боком (рис 3.7). Следует помнить что, если функция «headless» выключена, аппарат будет привязываться к положению его носовой части.

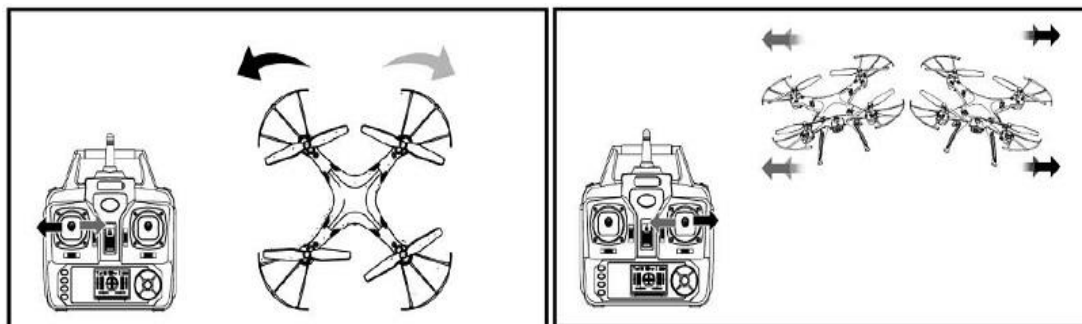


Рис 3.7. Горизонтальные смещения стика при управлении БВС в ручном режиме

Понятие триммирования БВС (от англ. trimmer, от trim — приводить в порядок) должно быть понятно каждому внешнему пилоту БВС (оператору БПЛА). Можно сказать, с этого и стоит начать обучение управлению машиной. Триммирование - это калибровка параметров управления БВС с помощью пульта ДУ. Если вы купили качественный, или предварительной настроенное БВС, то вряд ли триммирование понадобится, так как заводские настройки вполне подходят для полетов. Но даже слабые удары БВС МТ (коптер) о какую-либо поверхность могут сбить эти настройки, что можно легко обнаружить. Так, если вы запустили коптер в воздух, а он слабо поддается управлению, скорее всего, начались проблемы с калибровкой. Для любительских, бюджетных моделей БВС, к которым относится используемые в этой работе **Eachine E5**, процесс триммирования приходится выполнять регулярно и в процессе полета.

Поднимите коптер в воздух на высоту 1,2-1,5 и посмотрите, на его позиционирование в воздухе. Если его начинает «тянуть» в какую-либо сторону относительно носа нажимайте на кнопку триммера противоположного направления на пульте управления до тех пор, пока воздушное судно не примет относительно устойчивое положение в воздухе. Целью данного задания является триммирование управления БВС таким образом, чтобы его положение можно было удерживать над площадкой площадью 1 кв метр с минимальной коррекцией в ручном режиме.

3. Прохождение маршрута на коптере-тренажере Syma-X5HC по контрольным точкам:

В данном упражнении работе обучающие будут получать практические навыки в управлении БВС-коптера посредством прохождения заданного маршрута по контрольным точкам с остановками в заданных локациях(checkpointtrace/froghoop).

Задачей обучающегося будет пройти маршрут (Рис. 3.8) без препятствий, совершив взлет в точке «Старт» и посадку в точке «Финиш», совершая остановку и приземление на каждом секторе, отмеченным как «контрольная точка». Реквизит для выполнения задания расставляет преподаватель.

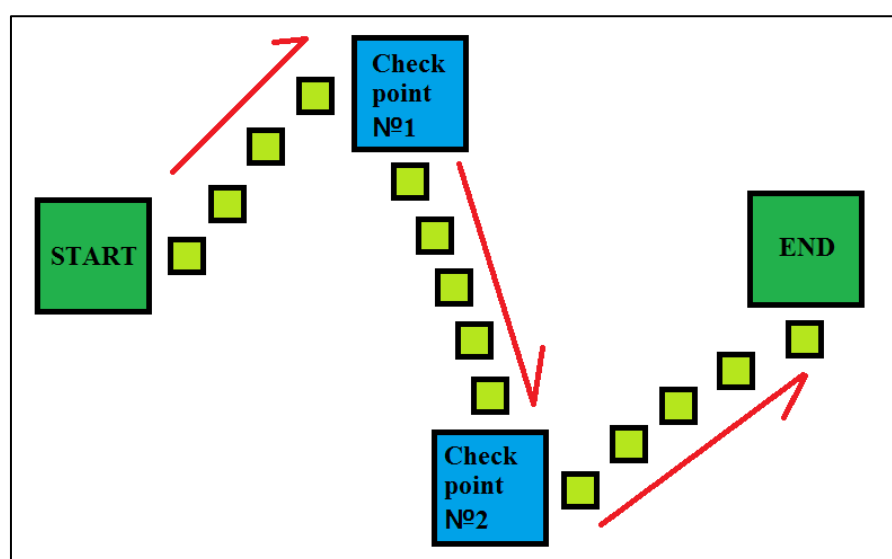


Рис. 3.8. Маршрут контрольных точек для упражнения

Задание считается выполненным в том случае, если студент, самостоятельно управляя моделью, добьётся прохождения маршрута по заданным условиям с минимальными отклонениями.

4. Выполнение съемки меток на стене корпуса

Управляющий БВС студент производит съемку стены корпуса таким образом, чтобы в кадр попало как можно больше настенных опорных знаков, стараясь выдерживать продольное перекрытие снимков около 50-70 процентов (рис. 3.9).

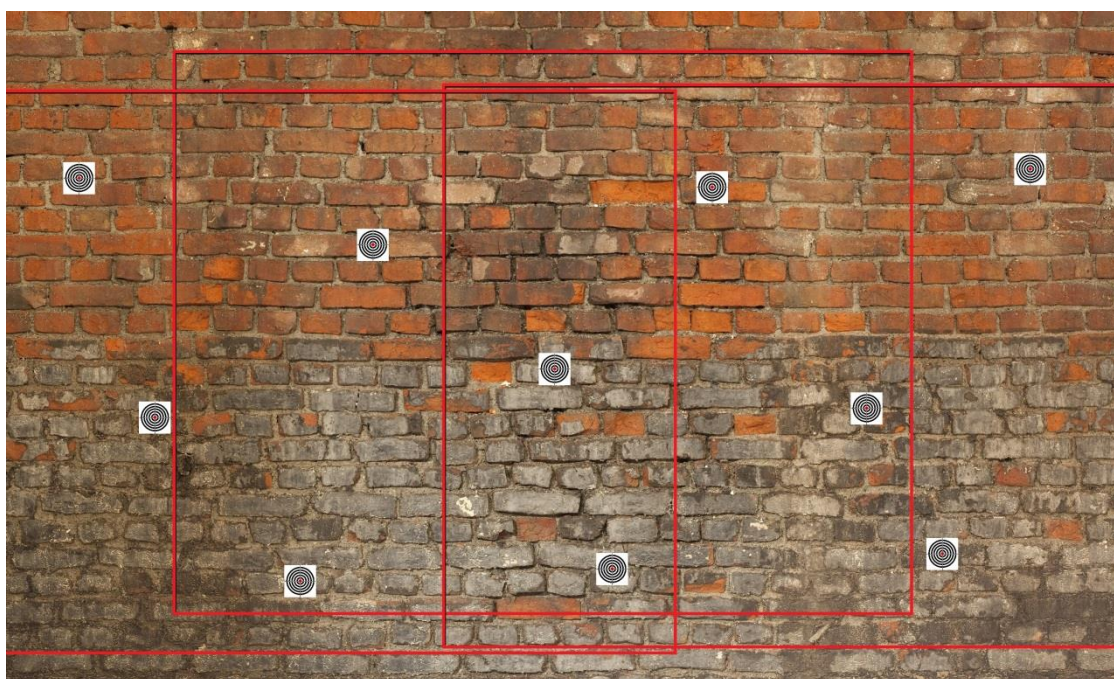


Рис. 3.9. Примерный план съемки стены корпуса с метками

Задание считается выполненным в том случае, если полученные обучающимся съемочные материалы устраивают проверяющего.

5. Выполнение панорамной съемки в заданной точке.

Управляющий БВС студент выполняет съемку панорамного фото над заданной точкой, используя функцию фиксации высоты коптера на уровне 2 метров.

Работа считается выполненной, если съемка стены и панорамное фото была выполнены с приемлемым качеством, оцениваемым преподавателем.

6. Съемка объекта с разных ракурсов в процессе его облета БВС.

В рамках данного упражнения обучающиеся должны будут выполнить облет тесового объекта в центре лаборатории, снимая его с различных ракурсов не менее 5-6 раз.

Студенты делятся на бригады из двух человек. Первый «пилот» берет на себя задачу навигации и позиционирования БВС в требуемом положении относительно снимаемого объекта, используя визуальный контроль. Второй «оператор», руководствуясь информацией с камеры БВС, дает команды пилоту относительно положения БВС и производит съемку объекта.

Задание считается выполненным в том случае, если полученные обучающимся материалы устраивают проверяющего.

7. Прохождение полосы препятствий на коптере-тренажере Syma-X5HC по контрольным точкам.

В данной лабораторной работе обучающиеся будут проверять полученные навыки по управлению роторных БВС, полученные в предыдущих практических работах.

Задачей обучающегося будет пройти маршрут в виде полосы, совершив взлет в точке «Старт» и посадку в точке «Финиш», совершив съемку целевого объекта в середине пути в точке, отмеченной как «Camerapoint» (рис. 3.10.).

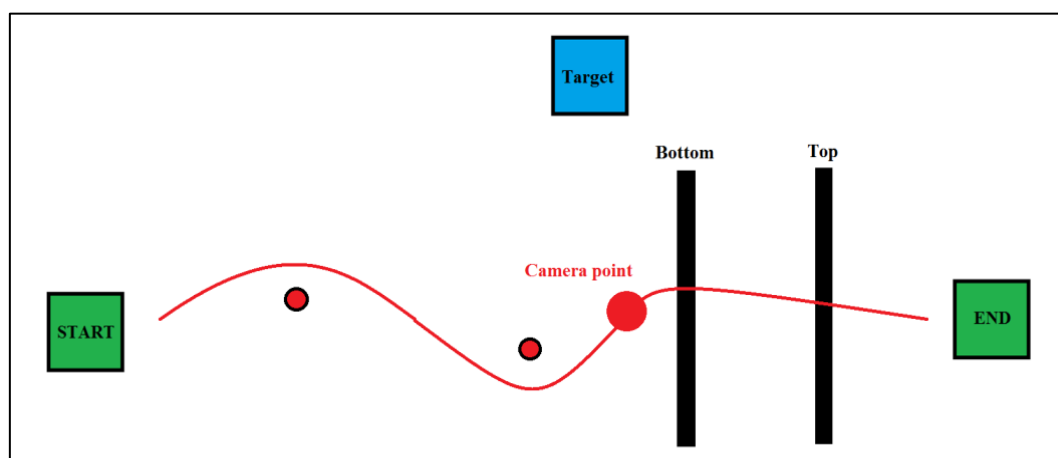


Рис. 3.10. Маршрут полосы препятствий.

Задание считается выполненным в том случае, если студент, самостоятельно управляя моделью, добьётся прохождения маршрута по заданным условиям с минимальными отклонениями.

5. Контроль

Контроль данного практического занятия выполняется преподавателем в лаборатории.

9. Самостоятельная работа

В рамках самостоятельной работы обучающийся должен попробовать обработать полученные в процессе задания фотоматериалы в ПО Agisoft Metashape.

Контрольные вопросы:

1. Назовите причину, по которой навыки ручного управления необходимы пилоту БВС даже с учетом современного развития автоматизации процесса получения аэрофотосъёмочных данных?

2. Приведите примеры задач, решаемых с БВС в ручном управлении?

3. Что должен первым делом попытаться сделать оператор БВС при возникновении внештатной ситуации?

4. Опишите функцию кнопки «ReturntoHomePoint» на пульте управления платформой БАС?

5. Каким образом будет вести себя БВС, если в процессе выполнения полетного задания произойдет потеря связи с его элементами управления?

6. Перечислите меры предосторожности при работе с коптером-тренажером?

7. Опишите сущность и принципы выполнения процесса таймирования коптера-тренажера.

8. Опишите процесс подготовки к работе коптера-тренажера.

9. Опишите процесс выполнения задачи съемки меток на стене корпуса.

10. Опишите процесс установки и настройки ПО JY UFO.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛЕТОВ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАНТОВ БПЛА

Цель работы: *получить базовые навыки по обеспечению заявки на использования воздушного пространства для полетов БВС*

Аэросъемочные работы подпадают под действие Федеральных авиационных правил (ФАП-494).

Таким образом для соблюдения требований воздушного законодательства при выполнении аэрофотосъемочных работ необходимо наличие одобрительного документа, выдаваемого Федеральным агентством воздушного транспорта (Росавиацией) — Сертификата эксплуатанта (СЭ).

Основные требования ФАП-494 – это страхование гражданской ответственности, наличие сертификата летной годности и свидетельства внешнего пилота, а также разработанные и утвержденные регламенты по летной и технической эксплуатации БАС. Первые СЭ, выданные эксплуатантам БАС¹² в составе БВС с МВМ 30 кг и менее были выданы в апреле-мае 2023 г.

Результатом работы при выполнении аэрофотосъемки с помощью БВС являются данные о подстилающей поверхности — фотографии и записи координаты центров фотографирования бортового ГНСС-приемника.

Пространственные данные, полученные в результате аэрофотосъемки, являются секретными и по действующему законодательству требуют рассекречивания. Для работы с полученными пространственными данными необходима лицензия на проведение работ, связанных с использованием сведений, составляющих государственную тайну, а также проведение контрольного просмотра результатов аэросъемки военным цензором (процедура рассекречивания, или открытия информации).

¹ <https://www.romona.ru/about/licenses-and-certificates>

² https://www.gtlk.ru/press_room/news/bas-poluchil-sertifikat-ekspluatanta/



Рис. 4.1. Обобщенная схема согласования аэросъемочных работ

1. Постановка задачи и исходные данные

Таким образом данные аэросъемки проходят обязательную процедуру контрольного просмотра, результатом которого становится открытие, или рассекречивание информации. К работе с результатами аэросъемки допускаются лица со специальным допуском, они следуют инструкциям специальных документов ограниченного пользования СТГМ-90 и ПАРО-90

Данная практическая работа проходит в режиме деловой игры, в процессе которой обучающиеся берут на себя роль сотрудников организации, выполняющей аэросъёмку на определенный техническим заданием участок местности, а преподаватель – роль сотрудников организаций, с которыми предполагается взаимодействие. В процессе данного практического занятия будут изучены основные нормативные, регламентирующие использование воздушного пространства РФ и мероприятия для нормативно-правовой организации аэрофотосъемочных работ.

2. Правовые документы и правовые последствия нарушения воздушного законодательства

Список правовых документов, регламентирующих использование воздушного пространства Российской Федерации: «Воздушный кодекс

Российской Федерации» от 19.03.1997 N 60 (принят ГД ФС РФ 19.02.1997) (действующая редакция от 14.10.2014); Постановление правительства РФ № 138 от 11 марта 2010 г. об утверждении федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации; Приказ Министерства транспорта РФ от 16.01.2012 N 6 Об утверждении Федеральных авиационных правил «Организация планирования использования воздушного пространства Российской Федерации»; Приказ Министерства транспорта РФ от 27 июня 2011 г. № 171 «Об утверждении Инструкции по разработке, установлению, введению и снятию временного и местного режимов, а также кратковременных ограничений»; Приказ Минтранса России от 24.01.2013 N 13 «Об утверждении Табеля сообщений о движении воздушных судов в Российской Федерации». Все эти документы находятся в открытом доступе и с ними всегда можно ознакомиться при необходимости.

Важно иметь представления о правовых последствиях нарушений воздушного законодательства в соответствии со статьей 11.4 Нарушение правил использования воздушного пространства КоАП.

Нарушение пользователем воздушного пространства федеральных правил использования воздушного пространства, если это действие не содержит уголовно наказуемого деяния предполагает штрафы, или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток. Особенности административной ответственности за нарушения правил использования воздушного пространства физическими, юридическими и должностными лицами приведены в таблице 3.

В соответствии со статьей 271.1 УК РФ, использование воздушного пространства РФ без разрешения в случаях, когда такое разрешение требуется в соответствии с законодательством, если это повлекло по неосторожности причинение тяжкого вреда здоровью или смерть человека, – наказывается лишением свободы на срок до 5 лет. То же деяние, повлекшее по неосторожности смерть двух или более лиц, – наказывается лишением свободы на срок до 7 лет».

После 27.09.2019 г. для получения разрешения на использование воздушного пространства (ИВП) БВС категории от 150 граммов до 30 кг необходимо поставить на государственный учет на специальном портале ГК ОрВД. Использование БВС без учетного номера влечет штрафы.

Таблица 3. Нарушения правил использования воздушного пространства

	Имеют допуск к управлению БВС, нарушившие установленную зону (ч. 1 ст. 11.4) Размер штрафа, руб.	Не имеют допуск к управлению БВС, не подали план (ч. 2 ст. 11.4) Размер штрафа, руб.
Физические лица	20 000 – 50 000	30 000 – 50 000
Должностные лица	100 000 – 150 000	50 000 - 150 000
Юридические лица	250 000 – 300 000 или административное приостановление деятельности на срок до 90 суток	300 000 – 500 000 или административное приостановление деятельности на срок до 90 суток

С учетом вышесказанного становится очевидным, что к процессу нормативно-правовой организации аэросъемки с применением БАС следует относиться со всей ответственностью.

3. Получение разрешения на использование воздушного пространства

Прежде всего, следует дать понятие определению «режим», которым оперируют в процессе эксплуатации воздушного пространства Российской Федерации. Режим – локальный участок воздушного пространства, ограниченный географическими координатами в определённой системе координат. Характер использования данного участка может быть свободным, в определённых рамках.

Полёты БВС отнесены к деятельности по использованию воздушного пространства. Для выполнения полётов БВС, согласно ФАП-138 установлен разрешительный порядок ИВП, независимо от класса воздушного пространства (ВП), в котором выполняется полёт.

Разрешительный порядок использования ВП предусматривает направление в оперативные органы (центры) Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации (далее - ЕС ОрВД) представленного плана полёта БВС, а также получение разрешения центра ЕС ОрВД на ИВП.

Использование воздушного пространства БВС осуществляется посредством установления временного, местного режимов, а также режима кратковременных ограничений.

Временный режим (ВР) устанавливается при планировании полетов на воздушных трассах, местных воздушных линиях, открытых для международных полетов, а также в районах аэродромов, открытых для международных полетов. Перечень международных аэропортов можно найти на сайте гражданской авиации РФ. Важно отметить, что международный статус аэропорта устанавливается на законодательном уровне и имеет мало общего с размерами или уровнем развития. ВР - выделение части воздушного пространства для БВС в самых ответственных частях воздушного пространства (например, около аэродромов). В границах временного режима могут летать все отведенное время только заявленные БВС. Все другие БВС и ВС будут извещены специальным извещением (NOTAM) о том, что в границы данного режима заходить нельзя, поскольку внутри летает беспилотное воздушное судно.

Временный режим вводится Главным Центром Единой Системы Организации Воздушного движения (ГЦ ЕС ОрВД) по согласованию с местным Зональным центром Единой Системы Организации Воздушного движения (ЗЦ ЕС ОрВД).

Местный режим (МР) устанавливается в воздушном пространстве классов С и G, за исключением случаев, когда требуется установление временного режима. Отличие данных режимов заключается во времени действия, порядке согласования и правилами документооборота. К примеру, для установления временного режима в обязательном порядке необходимо взаимодействовать с аэропортом. МР - выделение части воздушного пространства для БВС. В границах местного режима могут летать отведенное время только заявленные БВС. Все другие БВС и ВС будут извещены специальным извещением (NOTAM) о том, что в границы данного режима заходить нельзя, поскольку внутри летает беспилотное воздушное судно.

Местный режим вводится местным Зональным центром Единой Системы Организации Воздушного движения (ЗЦ ЕС ОрВД).

Режим кратковременных ограничений (КО) устанавливается в целях оперативного обеспечения полетов БВС и осуществляется только для целей обороны, государственной и общественной безопасности, а также проведения поисково-спасательных мероприятий и оказания помощи при стихийных бедствиях и чрезвычайных ситуациях. Разработку, установление, введение и снятие кратковременных ограничений при полетах БВС осуществляет Районный центр ЕС ОрВД.

Выполнение полетов БВС над населенными пунктами выполняются при наличии у пользователей воздушного пространства разрешения соответствующего органа местного самоуправления.

В процессе получения разрешения на ИВП экипажу БАС приходится взаимодействовать с органами ЕС ОрВД, в зону ответственности которых входит - территория над которой будут выполняться полеты.

Главный центр ОРВД обеспечивает безопасное и экономичное использование воздушного пространства РФ в интересах граждан, экономики и безопасности государства. Зоны ответственности данной структуры разделяются между Региональными/Зональными центрами (ЗЦ) ОРВД. Самым низовым звеном в данной системе является Местный диспетчерский

пункт (МДП). Для стандартных полетных ситуаций чаще всего достаточно взаимодействия с этими тремя органами.

Для удобства работы со структурой воздушного пространства специалисты обычно используют геопорталы или наборы слоев для стационарных ГИС. Примером такой связки, активно используемой в процессе планирования полетных заданий, является свободно распространяющееся ПО Google Earth с подключенным набором слоев ВП РФ (рис. 4.2).

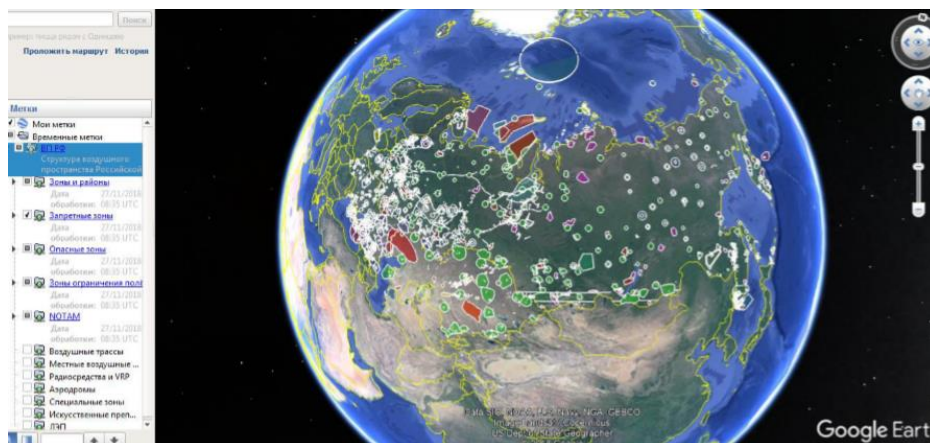


Рис. 4.2. Структура воздушного пространства РФ, представленная в виде слоев векторных объектов в ГИС Google Earth

В состав структуры воздушного пространства входит набор различных зон, со своими правилами эксплуатации. Запретные зоны представляют из себя зоны особого режима. Несмотря на свое категоричное название, полеты в ней возможны. Но их организация может потребовать серьезной организационно-подготовительной работы и санкции определенных органов или организаций. Отличительной особенностью данных зон является пристальное отслеживание несанкционированных полетов. Опасные зоны не рекомендуются для летных мероприятий и накладывают на операторов БАС дополнительные организационно-эксплуатационные ограничения. Зоны ограничения полетов, как следует из названия, ограничивают использование воздушного пространства РФ, однако имеют, либо свои заранее известные временные окна, либо жесткую систему приоритетов. Получение доступа в

данные зоны возможно, однако требуется согласование с держателем данной зоны.

При анализе данных зон необходимо учитывать обозначения высот режимов. Обозначения типа FL40 – это обозначение эшелона, для пересчета его в метры числовое значение необходимо умножить на 30, таким образом будет получена высота над уровнем моря. В слоях использования ВП отображаются границы ЗЦ, которые скомпонованы по охвату и не опираются на границы субъектов РФ. МДП/РПИ – зоны ответственности диспетчерских пунктов, которые ведут всю авиацию на своей территории ответственности, вне зависимости от ее класса. Отдельно идут пункты ответственности аэропортов.

Задание. Рассмотрим начальную стадию планирования аэрофотосъемочных работ на примере Google Earth. Загрузите файл Камшиловка.kmz в рабочий набор слоев. Для начала определим, находится ли интересующий нас участок на территории зон с ограничениями на полеты. Включите векторные наборы слоев Запретные зоны, Опасные зоны и Зоны ограничения полетов и убедитесь, что район съемки не расположен на территории подобных зон (рис.4.3). Значит, никаких специальных действий по организации полетов в данном случае не потребуется.

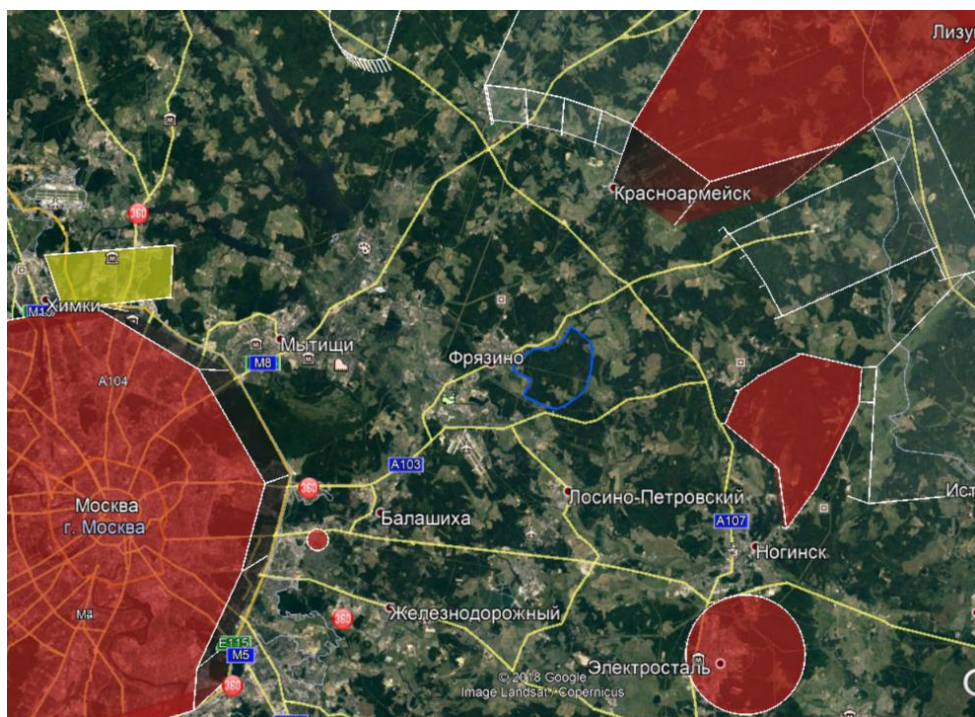


Рис. 4.3. Проверка положения целевой локации относительно зон ограничений полетов

Следующим шагом будет определение зоны ответственности, к которой может относиться съемочная локация. Подключите слой Зоны и Районы и обратите внимание что территория попадает в зеленый площадной объект зон ответственности аэродромов. Нажмите на этот полигон левой кнопкой мыши (ЛКМ) и всплывающее html-окно даст информацию о том, что объект находится в зоне ответственности диспетчерской зоны Чкаловского аэродрома (рис.4.4).

При организации установки местного режима в данной зоне будет необходимо контактировать со специалистами данной организации.

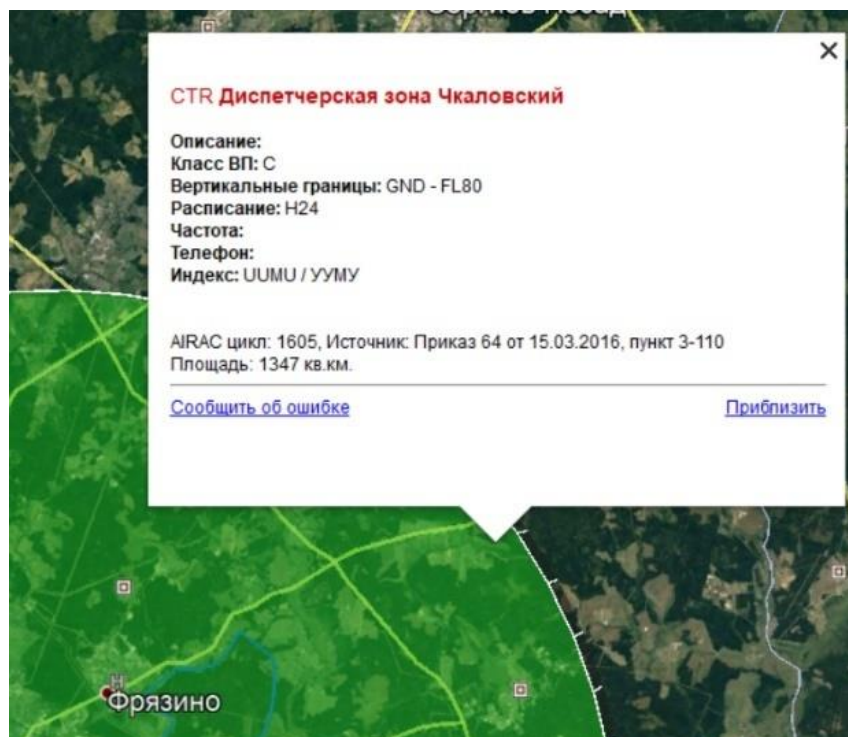


Рис. 4.4. Определение организации ответственной зону со специальными правилами использования воздушного пространства

Прежде чем начинать работу по организации полетов сначала необходимо добиться предоставления МР Решается эта задача посредством отправки соответствующих представлений в ЗЦ или в Главный центр планов полётов. После того, как Вы отправили представление на установление местного\временного режима, нужно через час перезвонить в ЗЦ ЕС ОрВД по телефону для контроля получения и согласования. Обязательно запишите фамилию и реквизиты принявшего заявку диспетчера. Контакты для направления плана полета воздушного судна (БВС): www.ivprf.ru и <http://gkovd.ru/servisy/>.

Самостоятельно под контролем преподавателя выполнить отправки МР (Приложение 3) или ВР, а также потребуется подготовить план полетов (SHR) СХР (Приложение 3), который подается за сутки до полетов БВС.

В документах необходимо указать контактный номер телефона, свои Ф.И.О.; заполнить таблицу с указанием даты, времени, дней полётов и фамилии принявшего, а в столбце №1 внести свои фамилию и номер

телефона. При выполнении полетов необходимо взять с собой представление с номером установленного режима желательно на бумажном носителе и план полета СХР в электронном виде. При необходимости изменения маршрутной части, высоты или времени полётов перед отправкой документов необходимо самостоятельно вносить изменения в режим и план полетов, предварительно согласовав изменения с лицами, указанными в представлениях.

В день полётов за 2 часа необходимо доложить лицам, указанным в представлениях, готовность к началу работы. Обязательно записать фамилии (во избежание потери данных, дублируйте информацию на аналоговые носители). Затем докладывать время взлёта и посадки.

4. Подготовительная работа для получения разрешения на использование воздушного пространства

Перед отправкой документов для получения разрешения на ИВП необходимо провести предварительную подготовку, в которую входит:

1. Изучить техническое задания (ТЗ) на заданный район полетов, включающего в себя: координаты объекта (в текстовом формате или .kml), дата, время* и высота полета), пример заполненного представления на ИВП у населенного пункта Пруды приводится ниже;
2. Загрузить слои ИВП с сайта <https://aopa.ru/index.php?id=66>, или приложения, нанести метки координат маршрута или зоны предстоящих полётов в приложении «**GoogleEarth**»;

Изучение района полётов: взаимное расположение зон и районов полётов, запретных зон, опасных зон, NOTAM (схем полётов других ЛА), воздушных трасс, местных воздушных линий, расположение аэродромов и вертодромов, удаление до Государственной границы. Зоны ограничений описаны в Приказе Минтранса, а отображение границ можно изучить на официальной карте Системы представления планов полетов (СППИ)³ (рис. 4.5.).

³ <https://ivprf.ru/>

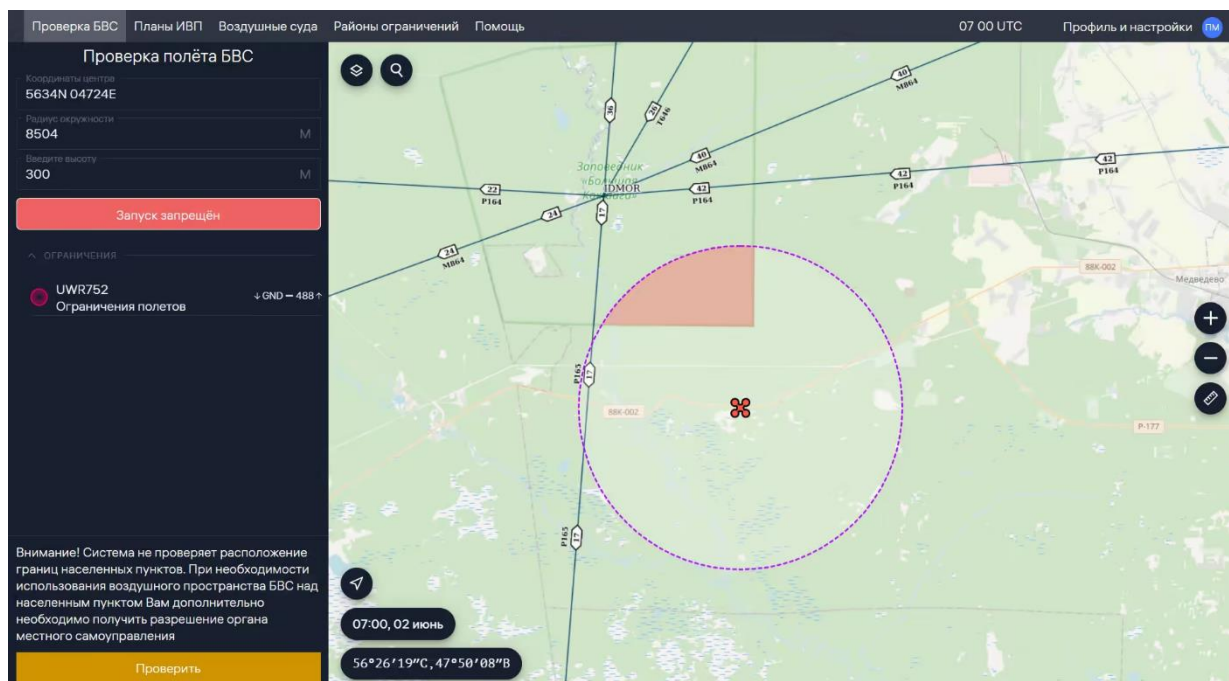


Рис. 4.5. Отображение границ населенного пункта при планировании полета БВС

3. В случае использования зон, принадлежащих другим владельцам, необходимо провести необходимые соответствующие согласования с ответственными лицами, например: начальник Службы воздушного движения (или старший штурман) диспетчерской зоны или района аэропорта, Глава города, директор заповедника, командир воинской или специальной части, начальник областного управления ФСБ, ФСО, заместитель Генерального директора по режиму и безопасности промышленного объекта, начальник зоны противорадовых стрельб, начальник зоны падения ступеней ракет, оперативный дежурный авиации МВД (Чечня), старший диспетчер Южного направления (Крым). Для полётов над Москвой – Председатель Комитета по антикоррупционной деятельности и начальник ФСО.

4. В том случае, если полёты планируется выполнять в зоне международного аэропорта, то за 5 суток составляется представление на установление ВР, утвержденное начальником Службы воздушного

движения (или старшим штурманом) диспетчерской зоны или района аэропорта. Далее представление согласовывается со Старшим смены данного ЗЦ и другими органами воздушного движения и отправляется начальнику смены Главного центра единой системы управления воздушным движением (например, в г. Москва). Представление на установление временного режима составляется на 6 дней: 3 основных и 3 резервных. На следующий день в отделе режимов Главного центра единой системы управления воздушным движением необходимо узнать № временного режима. За сутки до начала полётов подаётся план полётов в соответствующий ЕС ОрВД с указанием номера ВР.

5. Если полёты не планируются проводить в зоне ответственности международного аэропорта, тогда за 3 суток составляется, согласовывается и подаётся в один региональных/зональных центров управления воздушным движением представление на установление МР. За сутки до начала полётов необходимо узнать номер МР, указать его в плане полётов и отправить в ЗЦ. МР должен отобразиться на подгруженной подложке ИВП РФ заливкой цвета в зоне полетов (отображается в СППИ и на других портал, оказывающих посреднические услуги Flydrone, Небосвод и др.).

6. В день полётов необходимо докладывать ответственные органы управления воздушным движением следующим образом:

Время начала и окончания полетов указывается по Гринвичу, которое обозначается UTC Всемирное координированное время (англ. Coordinated Universal Time), также можно называть «единое время».

Доклады осуществляются в ЗЦ, РЦ, МДП посредством телефонной связи в очередности от МДП до ЗЦ.

Пример диалога.

1. **Проверка подачи МР** «Доброе утро, (Организация) беспилотники. Старший оператор (Фамилия) в 7.20 единого отправил представление

на 10 января в р-не населенного пункта Пруды. Получили? (После ответа диспетчера - записать фамилию сотрудника и ответ сотрудника).

2. За 2 часа до начала полётов: «Доброе утро. (Организация), беспилотники, старший оператор (Фамилия). Подтверждаю готовность к началу работы по режиму (Номер установленного режима) в районе (название населенного пункта) с (время начала полетов) до (время завершения полетов) (UTC). Начало доложу»

3. Взлёт: «Доброе утро. (Организация), беспилотники, старший оператор (Фамилия). По режиму (Номер установленного режима) в районе (название населенного пункта) начал работу в (время начала полетов) Окончание доложу.

4. Посадка: «Добрый вечер. (Организация), беспилотники, старший оператор БПЛА (Фамилия). По режиму (Номер установленного режима) в районе (название населенного пункта) в (время завершения полетов) работу закончил. Спасибо за руководство!

Контроль практического занятия в форме имитации радиообмена с диспетчером ведет преподаватель, который выступает в роли диспетчера.

5. Самостоятельная работа.

Подготовить представление плана полета БВС (SHR) для БВС для полетов над населенным пунктом (город задается преподавателем индивидуально, по вариантам).

Необходимо найти зону разрешенную для полетов БВС с МВМ 30 кг и менее, указать не менее трех координат пунктов вблизи этого города.

Пример оформления плана полетов SHR на рисунке 4.6. Для выполнения работы необходимо подключение к сети Интернет и доступ к Google Earth/Pro, FPLN⁴ (доступны без регистрации), или к сервисам СППИ, Flydrone, Небосвод (доступны после регистрации внешнего пилота, при

⁴ <https://fpln.ru/>

наличии собственного, учтенного БВС) с целью определения координат маршрута полета и абсолютной высоты от уровня моря (AMSL).

Необходимо указать должностное лицо и контакты начальника Зонального центра в правом верхнем углу плана полета БВС SHR.

В образце, на рис. 4.6., в поле 15 (Маршрут) указана абсолютная высота полета БВС при полете по маршруту (M0050) или диапазон высот в районе (зоне) полетов (M0000/M0050), где значения в десятках метров. Высота (диапазон высот) полета БВС должен находиться в пределах вертикальных границ, определенных местным (временным) режимом.

При описании зоны полетов после указания диапазона высот полета (M0000/M0050), через пробел после признака "/ZONA" записываются границы (/ZONA 4955N04312E 4815N04210E 5012N04410E/). Вся информация относительно границы зоны полетов ограничивается с обеих сторон наклонными чертами. Границы зоны должны иметь не менее трех точек.

При описании зоны полетов в виде круга после указания диапазона высот полета (M0000/M0050) и признака "/ZONA", через пробел указывается радиус после R без пробела до трех цифр в километрах, далее через пробел указываются координаты центра (градусы, минуты, секунды без надстрочных символов)

Дополнительное задание (по решению преподавателя):

- а загрузить файл структуры ВП: vprf.kmz по ссылке <https://aopa.ru/index.php?id=66>
- б установить программу Google Earth Pro
- в определить по запретным зонам можно ли выполнить полеты для выбранного города/района

Начальнику
Новосибирского
Зонального центра
ЕС ОрВД
А.И.Красникову

Прошу Вас включить в суточный план по ИВП заявку на ИВП ООО
«XXXX». БВС 10090. МР №1551

бортовой номер
(SHR-10090)

время взлета - ZZZZ0400 *диапазон высот*
-M0000/M0030 /ZONA 5514N08308E 5513N08315E 5508N08313E

продолжительность
5505N08301E 5514N08308E /—*границы зоны полетов*
-ZZZZ0900 *Точка взлета и посадки* *тип ВС*

дата — -DOF/170919 DEP/5510N08309E DEST/5510N08309E TYP/ BVS
«GEOSCAN» OPR/ «XXXX» ORGN/sostavleno Fedorov Fedor +7-xxx-xxx-
xxxx *Собственник ВС* *Автор полетного плана*
RMK/ MP1551 Ельцовка , тлф. оператора: +7 xxx-xxx-xxxx Иванов Иван)

Рис. 4.6. Образец текста плана полета (SHR) для БВС Геоскан

Контрольные вопросы:

1.Опишите пункты обобщенной схемы согласования аэрофотосъемочных работ в РФ.

2.Перечислите список правовых документов, регламентирующих использование воздушного пространства Российской Федерации.

3. Какие правовые последствия несет в себе нарушение пользователем воздушного пространства федеральных правил использования воздушного пространства, если это действие не содержит уголовно наказуемого деяния?

4. Какие правовые последствия несет в себе нарушение использованием воздушного пространства РФ без разрешения в случаях, когда такое разрешение требуется в соответствии с законодательством, если это повлекло по неосторожности причинение тяжкого вреда здоровью или смерть человека?

5.Что такое «местный режим» и какие организации занимаются его предоставлением?

6. Назовите причину, по которой в процессе установления местного режима в обязательном порядке необходимо записать фамилию и реквизиты принявшего заявку диспетчера?

7. Перечислите пункты предварительной подготовки документов на ИВП?

8. Приведите пример программного обеспечения, подходящего для просмотра структуры использования воздушного пространства РФ.

9. Сформулируйте протокол организационных мероприятий для ситуации, если полёты планируется выполнять в зоне международного аэропорта.

10. Каков порядок доклада в ЗЦ, РЦ, МДП посредством телефонной связи в очередности от МДП до ЗЦ?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5. ПЛАНИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСЪЁМОЧНОГО ПОЛЕТНОГО ЗАДАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БАС

Цель работы: *получить базовые навыки планирования полетного аэрофотосъёмочного задания для беспилотных летательных аппаратов, с целью получения удовлетворяющей заданным проектным характеристикам продукции и нормативно-правового обеспечения съёмки.*

БВС активно используются в современной картографической деятельности. К примеру, в маркшейдерском деле периодически производят съёмку территории в масштабе 1:2000, а открытые склады с продукцией и особые объекты в масштабе 1:500, с фиксацией всех изменений и корректировкой плана поверхности. Периодичность съёмки зависит от темпов добычи полезных ископаемых и характерных признаков изменений, но не реже одного раза в три месяца, а для определения объемов выемки – одного раза в месяц.

Топографическую съёмку площадки для размещения открытых складов выполняют в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,25-0,5 м или в масштабе 1:200 с высотой сечения 0,25 м. Повторную съёмку основания необходимо производить один раз в 3-4 года. При отсутствии топографических планов складского участка, основание принимается за горизонтальную плоскость с определением усредненной высоты с помощью отметок по контуру склада.

В соответствии с инструкцией по производству маркшейдерских работ РД 07-603-03, ошибки определения положения опорных и съёмочных точек для масштаба 1:500 не должны превышать 0,1 и 0,4 мм в масштабе плана, что составляет на местности – 5 и 20 см соответственно. Средние ошибки в определении высоты опознаков и контрольных точек не должны превышать 1/10 и 1/3 высоты сечения рельефа, равной 0,5 м. При этом допустимые отклонения на контрольных точках, набранных на бровках уступов и

положения бровок, определенных по плану горных выработок, должны составлять не более чем 1 мм в масштабе плана и 0,4 м по высоте.

Аэрофототопографическую съемку необходимо выполнять с продольным и поперечным перекрытием 80% для последующего применения технологии плотного облака. При этом масштаб фотографирования и маршруты должны выбираться таким образом, чтобы отснятая местность включала наибольшее количество заранее замаркированных пунктов. Масштаб плановой съемки зависит от высоты полета фотографирования H и фокусного расстояния f объектива аэрофотоаппарата.

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H'}$$

, где m – знаменатель масштаба аэрофотосъемки.

При фиксированном формате светочувствительной матрицы длиной l_x , и заданном продольном перекрытии P_x базис фотографирования на снимке b_x определяется по формуле:

$$b_x = \frac{(100 - P_x)}{100} \cdot l_x.$$

Одной из характеристик аэрофотоснимка является линейная разрешающая способность съемочной системы, которая показывает сколько черных и белых линий различимо в 1 мм изображения. Для аналоговых аэрофотоаппаратов эта величина равняется 0,02-0,06 мм. Для цифровой камеры при расчете применяют подход различимости пространственных частот на снимках

$$p_{cc} = \frac{1}{2 \cdot R_s},$$

где R_s – динамически устойчивое разрешение (пар линий/мм) при линейном размере пикселя светочувствительной матрицы ρ , которое вычисляется по формуле:

$$R_s = \frac{1}{3 \cdot \rho}.$$

Чем больше величина R_s тем лучше цветопередача светочувствительной матрицы и точнее определяются связующие точки на стереопаре. Для аэрофотосъемки выбирают камеры с величиной R_s не менее 50 штрихов на мм.

При цифровой аэрофотосъемке вместо понятия масштаб аэрофотосъемки используют понятие размер пикселя на местности GSD. Линейный размер пикселя на местности определяет точность построения цифровой модели рельефа в плане и рассчитывается по формуле:

$$GSD = \frac{H}{f} \cdot \rho,$$

а длина и ширина одного аэрофотоснимка на местности соответствуют:

$$L_x = GSD \cdot l_x; L_y = GSD \cdot l_y.$$

Для обеспечения заданного перекрытия на местности с тремя снимками внутри маршрута и двумя снимками между маршрутов должны выполняться условия:

$$\left(1 - \frac{P_x}{100}\right) \cdot L_x \cdot (N_{сн} - 3) \geq X; \left(1 - \frac{P_y}{100}\right) \cdot L_y \cdot (N_m - 1) \geq Y,$$

, где X и Y – длина и ширина снимаемого участка местности,

$N_{сн}$ и N_m – количество снимков в одном маршруте и количество маршрутов съемки.

При фотограмметрической обработке цифровых аэроснимков прогнозируемое наибольшее значение погрешности цифровой модели рельефа в плане не превышает половине размера пикселя на местности умноженного на $\sqrt{2}$:

$$E_{xy} = \sqrt{2} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot GSD\right)$$

Погрешность цифровой модели по высоте определяют из формулы нахождения высотной отметки:

$$h = \frac{\Delta p \cdot H}{B},$$

где Δp – разность продольных параллаксов снимков стереопары,

MP (BP) – высота аэрофотосъемки,

B – базис фотографирования b в масштабе снимка.

$$\begin{aligned} E_z &= \sqrt{\left(\frac{\Delta p \cdot H}{B^2} \cdot m_b\right)^2 + \left(\frac{H}{B} \cdot m_{\Delta p}\right)^2 + \left(\frac{\Delta p}{B} \cdot m_H\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{h}{B} \cdot m_b\right)^2 + \left(\frac{H}{B} \cdot m_{\Delta p}\right)^2 + \left(\frac{h}{H} \cdot m_H\right)^2}, \end{aligned}$$

где m_b , m_{dp} , m_H – средние квадратические ошибки определения базиса съемки, разности продольных параллаксов и высоты аэрофотосъемки соответственно.

Таким образом, главным параметром при проектировании полетного задания аэрофотосъемочного комплекса является обоснованный выбор высоты фотографирования, при которой обеспечивается требуемая точность к плану и охватывается вся местность фотографирования.

1. Постановка задачи и исходные данные.

В рамках данной лабораторной работы обучающиеся научатся планировать маршрут аэрофотосъемочных мероприятий для беспилотных летательных аппаратов самолетного типа с целью получения съемочных материалов с характеристиками, удовлетворяющими проектное задания. В процессе выполнения на примере ПО QGroundControl (QGC) будут изучены базовые элементы интерфейса и принципы планирования в современном программном обеспечении. Исходные данные для выполнения данной работы расположены в предлагающемся к этому учебному пособию архиву «[БеспТех]Лабораторная работа №5.zip».

2. Предварительный анализ объекта съемки

Извлеките из архива с исходными данными файл **МытищиAOI.kmz** и откройте его в **GoogleEarth** (рис.5.1).

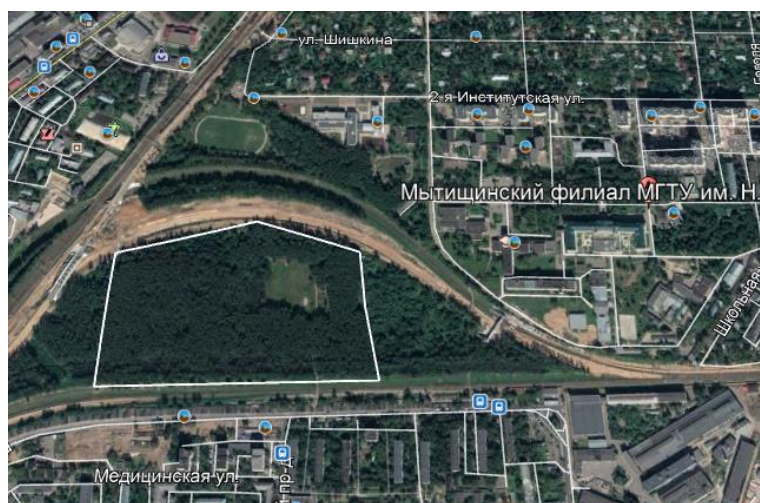



Рис. 5.1. Участок съемки, представленный в виде векторного объекта в ГИС GoogleEarth.

Одним из важных отличий планирования съемочных мероприятий с использованием БВС самолетного типа (СТ) от БВС МГ заключается в том, что для летящего крыла необходима открытая площадка, достаточная для комфортного взлета и посадки воздушного судна. При этом, из соображений продуктивности, данная площадка должна располагаться в непосредственной близости от снимаемого объекта. Для учебного примера подобной площадкой может стать спортивная площадка на севере.

3. Планирование полетного задания в ПО QGC.

Откройте программный пакет QGC и найдите в его рабочем окне локацию целевого объекта используя мышь. Далее перейдите в режим планирования полета, используя команду  главного меню (рис. 5.2).

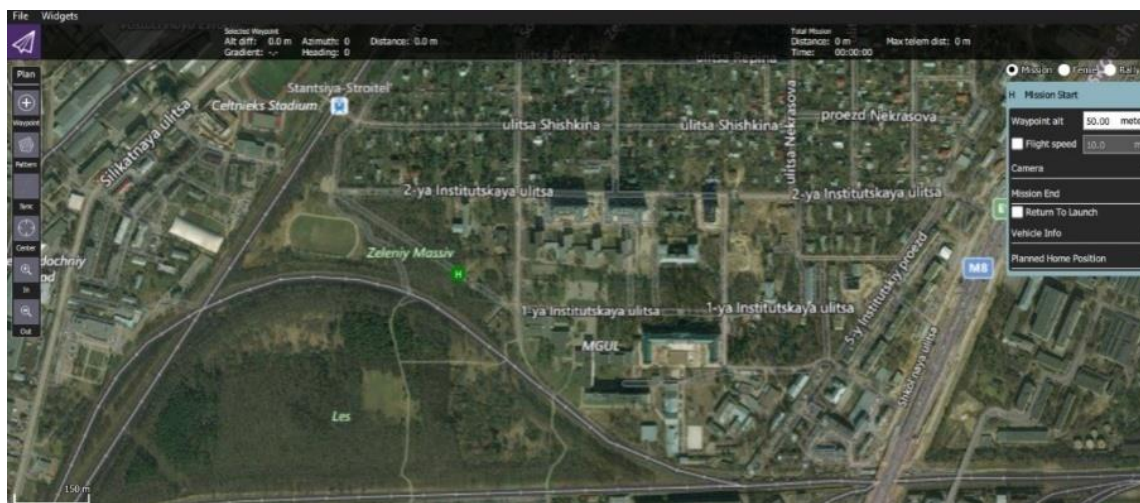


Рис. 5.2. Режим планирования полетного задания в Q-GroundControl

Точка начала задания **MissionStart** создается автоматически. Перетащите ее мышью на выбранную позицию старта (рис 5.3). Обратите внимание, что в правой части рабочего окна есть каталог свойств путевых точек, который можно настраивать. Для стартовой точки этими параметрами будут являться высота, скорость полета, данные по воздушному судну и др. Проверьте высоту запланированной стартовой позиции в **PlannedHomePosition**, поставьте галочку в графе **ReturnToLaunch** и установите скорость **FlightSpeed** равную 20 метрам в секунду.

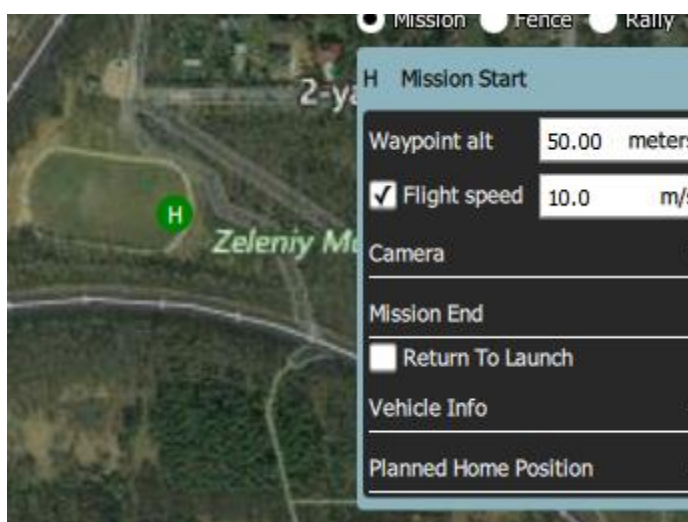


Рис. 5.3. Измененное положение стартовой точки и ее параметры



Используя команду  набора инструментов, установите новую маршрутную точку. Данная точка будет определена как **Takeoff**– воздушное судно отрывается от земли и следует в целевую локацию. Установите высоту целевой локации в 100 м. Предельный угол подъёма оставьте без изменений.



Рис. 5.4. Путевая точка Takeoff.

Используя команду  **-Survey** создайте съёмочный участок полетного задания в виде полигона, покрывающего проектную территорию с некоторым запасом (Рис. 5.5).

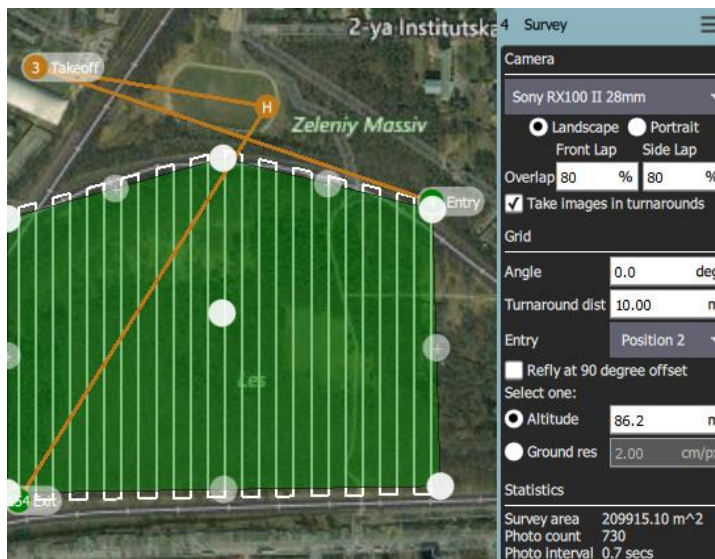


Рис. 5.5. Территория аэрофотосъёмочных работ и ее параметры

В параметрах съёмки установите в качестве камеры **SonyRX 100** (при необходимости использовать камеру, отсутствующую в списке, придется вручную задавать ее параметры). Фронтальное и поперечное перекрытие задайте в 80%. В качестве точки захода выберите наиболее удобную

относительно путевой точки **Takeoff**. Установите проектное значение **GSD/ЛРМ** в размере 2,5 см/пик. Обратите внимание, что программное обеспечение самостоятельно пересчитывает параметры при изменении вводных данных и перестраивает маршрут. Так же в свойствах блока Survey рассчитываются дополнительные параметры, такие как площадь работ, число фотографий и интервал работы затвора фотокамеры (рис.5.6).

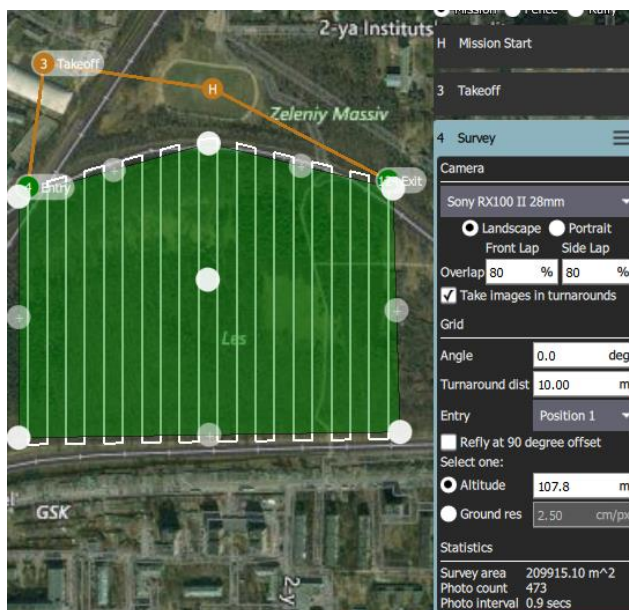


Рис. 5.6. Итоговый вид полетного задания

ПО QGC обладает типовым интерфейсом для программ, предназначенных для планирования маршрута съемки с БВС различных типов. В этом вы убедитесь в дальнейшем, в процессе планирования полетного задания в таком ПО, как Pix4d и DroneDeploy на завершающих этапах данного учебного курса.

4. Контроль

Практическое задание считается успешно выполненным, если обучающийся по его завершении успешно завершит деловую игру и предоставит преподавателю завершенное полетное задание в соответствии с заданными параметрами.

5. Самостоятельная работа

В рамках самостоятельной работы обучающемуся необходимо будет запланировать маршрут съёмочных мероприятий в соответствии с исходными данными по своему варианту в журнале. Исходные данные, для самостоятельной работы находятся в архиве «[БеспТех]Самостоятельная №2.zip.» и выбираются в соответствии с **Приложением №5** данного учебного пособия.

Контрольные вопросы:

1. Съёмку каких масштабов с БВС производят для решения маркшейдерских задач?

2. Каких пороговых значений не должны превышать ошибки определения положения опорных и съёмочных точек для масштаба 1:500, в соответствии с инструкцией по производству маркшейдерских работ РД 07-603-03?

3. Какое минимально перекрытие должно закладываться в планирование аэрофотосъёмочных мероприятий, если результаты предполагается обрабатывать с использованием технологии плотного облака?

4. Как зависит масштаб плановой съёмки от высоты полета фотографирования и фокусного расстояния объектива фотоаппарата?

5. Что подразумевается под понятием «базис фотографирования» при планировании аэрофотосъёмки?

6. От каких параметров зависит предполагаемая предельная погрешность построения ЦМР в плане и по высоте?

7. Почему при планировании аэрофотосъёмочных мероприятий необходимо уделять особенное внимание локации старта/посадки? Какие требования к ней будет накладываться тип применяемого БВС?

8. Перечислите параметры, задаваемые в разделе Survey при планировании летного задания в ПО Q-GroundControl?

9. Как меняется проектное значение GSD при изменении высоты беспилотного воздушного судна над подстилающей поверхностью?

10.Поясните параметр TurnaroundDist? Как он будет зависеть от применяемого типа БВС?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. ВЫПОЛНЕНИЕ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО БВС МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА НА ЗАДАННУЮ ТЕРРИТОРИЮ.

Цель занятия: получение практических навыков в процессе планирования и выполнения аэрофотосъемки на заданный участок с использованием профессионального БВС и свободно распространяемого программного обеспечения.

Данная работа является итоговой работой учебного курса и проверяет навыки обучающегося по работе комплексами БАС. В процессе его выполнения студентом самостоятельно производится планирование летного задания для аэрофотосъемки, контроль воздушного судна в процессе его выполнения, заполнение протокола полетов, предварительный анализ полученных данных в полевых условиях и их последующая камеральная обработка в фотограмметрическом ПО. Роль преподавателя при выполнении данного задания является контролирующей.

1. Постановка задачи и исходные данные

В процессе выполнения данного практического задания, обучающиеся получают практические навыки планирования и выполнения съемочных мероприятий с целью получения фотоматериалов, отвечающих требованиям технического задания. Исходные данные для выполнения данной работы находятся в архиве [БесТех] **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №.9.**

Практическая работа выполняется в полевых условиях и ориентировано на применение коптера модели **DJI Mavic Air** и свободно распространяемого программного обеспечения для планирования полетов **Pix4d/DroneDeploy** по выбору студента.

2. Знакомство с устройством БПЛА DJI Mavic Pro и подготовка его для рабочего процесса

Общий вид рабочего комплекта модели представлен на рисунке № 6.1. БАС линейки DJI Mavic Pro отличается удобством транспортировки, простотой управления и при этом позволяет получать данные с удовлетворяющими задачи мониторинга характеристиками.



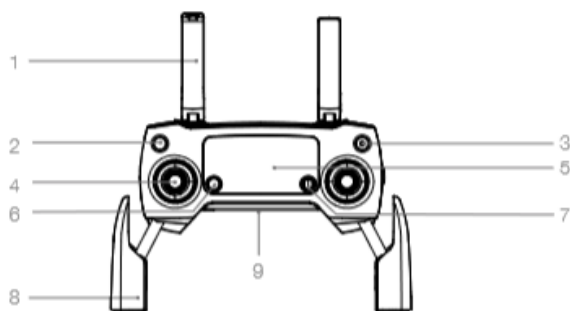
Рис. 6.1 Компоненты БАС DJI Mavic Pro

Самостоятельно ознакомьтесь с представленными ниже выдержками из официально инструкции [8] относительно схемы летательного аппарата и схемы пульта дистанционного управления. Вопросы нюансов ручного управления или настройки связи между коптером и пультом в данной работе подниматься не будут.

Схема летательного аппарата



Схема пульта ДУ



- 1. Антенны**
Связь управления коптером и прием видеосигнала.
- 2. Кнопка возврат домой (RTH)**
Нажмите и удерживайте кнопку, чтобы начать процедуру возврата домой (RTH). Нажмите еще раз, чтобы отменить RTH.
- 3. Кнопка включения**
Используется для включения пульта дистанционного управления и выключения.
- 4. Ручка управления**
Управляет ориентацией и движением коптера.

5. **ЖК-экран**
Отображает состояние систем коптера и пульта дистанционного управления.

6. **Кнопка Пауза полета**
Нажмите один раз для экстренного торможения.

7. **Кнопка 5D**

Конфигурация по умолчанию приведена ниже,

Вы можете изменить эти установки на основе собственных предпочтений в приложении

DJI GO 4.

Влево: Zoom Увеличить

Вправо: Zoom Уменьшить

Вверх: Подвес камеры поднять

Вниз: Подвес камеры опустить

Нажать: Вызов меню интеллектуальных режимов полёта

10. **Кнопка C1**

Конфигурация по умолчанию приведена ниже. Вы можете изменить эти установки на основе собственных предпочтений в приложении DJI GO 4.

Нажмите один раз для воспроизведения или удаления точки маршрута при использовании Waypoints

11. **Кнопка C2**

Конфигурация по умолчанию приведена ниже. Вы можете изменить эти установки на основе собственных предпочтений в приложении DJI GO 4.
Press once to playback or delete a waypoint when using Waypoints.

12. **Колесико подвеса камеры**

Контроль наклона камеры.

13. **Колесико настройки камеры**

Вращайте колесико для настройки параметров камеры. (функции доступны когда пульт ДУ подключен к мобильному устройству в приложении DJI GO)

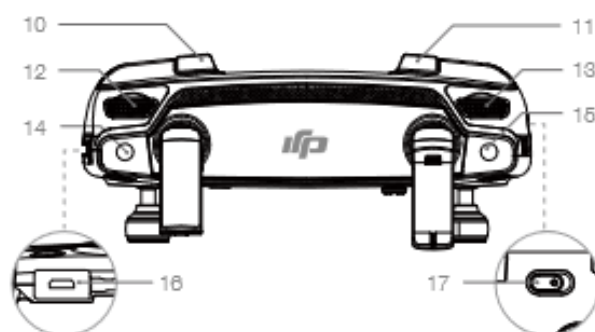
14. **Кнопка записи**

Нажмите, чтобы начать запись видео.
Нажмите еще раз, чтобы остановить запись.

8. **Мобильный зажим устройства**
Надежно монтирует мобильное устройство на пульте дистанционного управления.

9. **USB Port**

Подключение к мобильному устройству для запуска DJI GO приложение.



15. **Кнопка спуска затвора**

Нажмите, чтобы сделать снимок. Из выбранного режима серийной съемки, установленное количество фотографий будет принято одним нажатием.

16. **Порт питания**

Подключение к зарядному устройству для зарядки батареи пульта дистанционного управления. Подключите этот порт к мобильному устройству с помощью кабеля RC.

17. **Переключение режимов полета**

Переключение между режимами P-mode, S-mode.

Приведем БВС DJI Mavic Pro в рабочее положение. Для этого необходимо последовательно выполнить серию операций.

1. Освободите гиросtabilизирующую платформу камеры, посредством снятия пластмассовых защитных элементов (рис. 6.2). Убедитесь, что защитные элементы в процессе съемки будут располагаться в чистом и надежном месте.



Рис. 6.2 Снятие защиты камеры в процессе подготовки модели к использованию

2. Освободите несущие винты лучи (Рис 6.3). Сначала передние (верхние), потом задние (нижние).



Рис. 6.3 Освобождение несущих винты лучей модели

3. Включите БВС двойным нажатием кнопки активации, расположенной на съемную батарею, в верхней части модели. Должен раздаться звуковой сигнал и загореться индикатор состояния коптера (рис 6.4).



Рис. 6.4 Приведение коптера в рабочий режим

5. Приведите пульт управления в рабочее состояние и подключите к нему смартфон (рис. 6.5).



Рис. 6.5. Подключение смартфона как необходимого элемента управления к пульту Mavic Pro

6. Активируйте пульт двойным нажатием на кнопку включения.

7. Если процесс активации прошел без нарушений, установленное на смартфон программное обеспечение DJIGO 4 автоматически откроет (рис 6.6) свой интерфейс и определит модель и серийный номер коптера. Нажмите кнопку «GO».



Рис. 6.6. Подключение смартфона как необходимого элемента управления к пульту Mavic Pro

8. Уже на этой стадии подготовки можно выполнять полеты и съемку в ручном режиме. Однако для предполагаемого в процессе практического занятия автоматизированного планирования необходимо задать домашнюю точку (HomePoint) и высоту возврата БВС после выполнения летного задания (рис.6.7). Установите домашнюю точку по текущему положению модели и высоту возврата равную 100 метров.

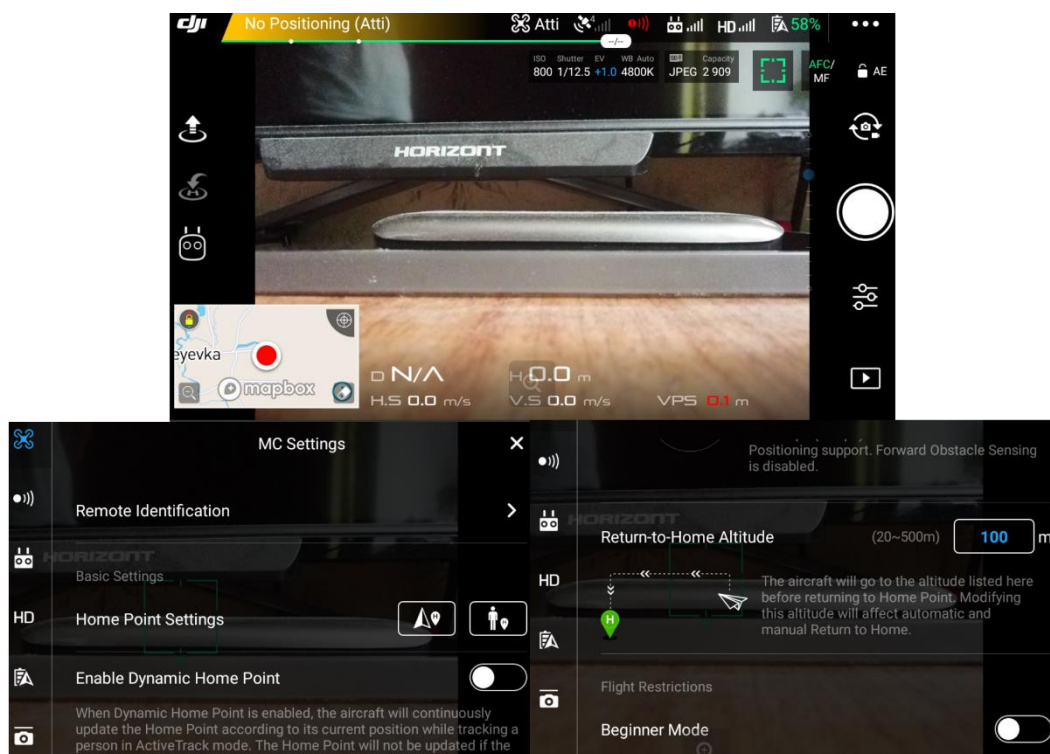


Рис. 6.7. Настройка рабочих параметров в DJI Go

На данном этапе подготовка связки «коптер + пульт ДУ» завершена. Закройте ПО DJI GO 4.

3. Планирование летного задания в ПО Pix4D

Планирование летного аэросъёмочного задания также выполняет последовательно.

1. Включите Pix4D и убедитесь, что используемая в работе модель коптера определяется программным обеспечением без ошибок.
2. В окне выбора типа полетного задания выберите **PolygonMission**. Должен открыться режим построения маршрута.
3. Самостоятельно задайте территорию съёмки, высоту (от которой будет зависеть GSD полученных снимков), перекрытие, скорость полета. Покажите полетное задание преподавателю (рис. 6.8).

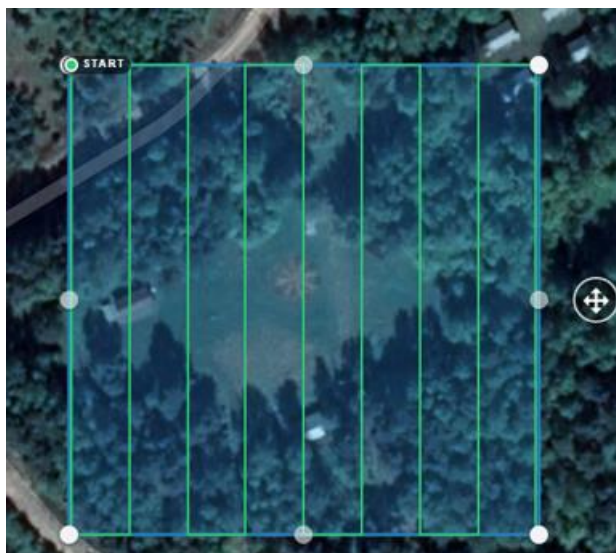


Рис. 6.8 Проектная территория съемки

4. Нажмите на кнопку старт и убедитесь, что все параметры полетного задания и функционирования БВС прошли проверку.

5. Попросите людей удалиться на расстояние не менее 3 метров от коптера и нажмите кнопку **START** для начала выполнения съемочных работ.

4 Контроль процесса съемки

В процессе выполнения съемочных работ оператор постоянно контролирует поведение модели в воздухе и должен быть готов перехватить управление в случае возникновения внештатных ситуаций. По умолчанию для решения этой задачи используется кнопка возврата в домашнюю точку. Так же желательно выполнять процесс посадки в ручном режиме, так как это позволяет добиться более плавного приземления модели. При наличии опыта и навыков можно приземлять Mavic Pro прямо в руку или «вынимать» его из воздуха.

По завершению летных мероприятий обучающийся заполняет таблицу протокола полетов. Пример такой таблицы представлен в **Приложении №4** к данному учебному пособию.

5. Предварительный анализ данных:

Полученные в результате аэрофотосъемки данные дистанционного зондирования сразу загружаются в полевой компьютер и проверяются

оператором. Оператор БВС должен сделать вывод о том, в полном ли объеме выполнено летное задание и пригодны ли полученные аэрофотоснимки для дальнейшей обработки (рис. 6.9).



Рис. 6.9. Бракованный снимок и удовлетворительный снимок элементов ИНК

6. Представление результатов

Полученные результаты архивируются в папку вместе с журналом, в котором фиксируется протокол полета (Приложение №4).

7. Контроль

Практическое задание считается успешно выполненным, если обучающийся студент по его завершению предоставит преподавателю на проверку следующие результаты:

- Набор фотоматериалов, полученный в результате аэрофотосъемки с БВС.

2. Таблица протокола полетов

8. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа для данного задания не предполагается.

Контрольные вопросы:

1. Почему в процессе завершения работ рекомендуется сначала отключать пульт управления, а потом уже обесточивать БВС?

2. Какие планировщики полетного задания для ОС Android вам известны?

3. Дайте определение понятию «стартовая точка» применительно к планированию аэрофотосъемочного задания для БВС.
4. Какова роль дополнительных элементов защиты, предоставляемых производителями БВС для бортовых камер, оснащенных гиросtabilизирующими подвесами?
5. Почему в процессе полета оператор должен уделять повышенное внимание такому параметру как «сила радиосигнала»?
6. К какому результату приводит активация команды «Пауза» в процессе выполнения полетного задания для БВС, разработанных фирмой DJI?
7. Что произойдет, если в процессе выполнения полетного задания БВС потеряет связь с пультом управления?
8. Куда сохраняются данные, получаемые в результате аэрофотосъемки с использованием БВС, разработанных фирмой DJI?
9. Какие способы оценки качества аэрофотосъемочных материалов вам известны?
10. Почему к архиву аэрофотосъемочных данных обязательно прилагают протокол полетов?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. ПОТОКОВАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ В РАСТРОВЫХ РЕДАКТОРАХ

Цель работы: *получить навыки потоковой обработки аэрофотосъемочных данных, полученных с применением БПЛА, в растровых редакторах с целью улучшения их изобразительных характеристик.*

В результате съемки территорий с помощью БПЛА на флеш-накопителе камеры генерируются большие объемы съёмочных данных. Число полученных фотографий может достигать нескольких тысяч и сильно зависит от параметров полетного задания. Обработка такого количества изображений в ручном режиме затруднительная и требует серьезных трудовых затрат.

В качестве инструментов улучшения и исправления недостатков съёмочных материалов (к примеру - ошибки экспозиции) рекомендуется использовать RAW (т. н. «сырой») формат записи фотоснимков. К примеру, для камер DJI это .DNG формат, для камер Sony - .ARW.

Формат растровых изображений со сжатием данных с потерями .JPG позволяет ограничено редактировать изображения, не позволяет в широких диапазонах изменять экспозицию. Остальные возможности пакетной обработки в формате .JPG

Фотоснимки, сделанные с воздуха для задач фотограмметрии взятые напрямую из камеры имеют, в большинстве случаев, существенные недостатки. Такие как пересветы в местах с высокой отражающей способностью поверхности (светлый песок, крыши домов, асфальт). В то же время, на других участках снимков могут быть затененные, почти или полностью черные области (тени в растительности, тени от домов, хвойные деревья, теневые стороны возвышенностей) на которых есть требующиеся для дешифрирования объекты. Иногда ошибки калибровки камеры вызывают брак на всей серии изображений в целом (рРис 7.1).

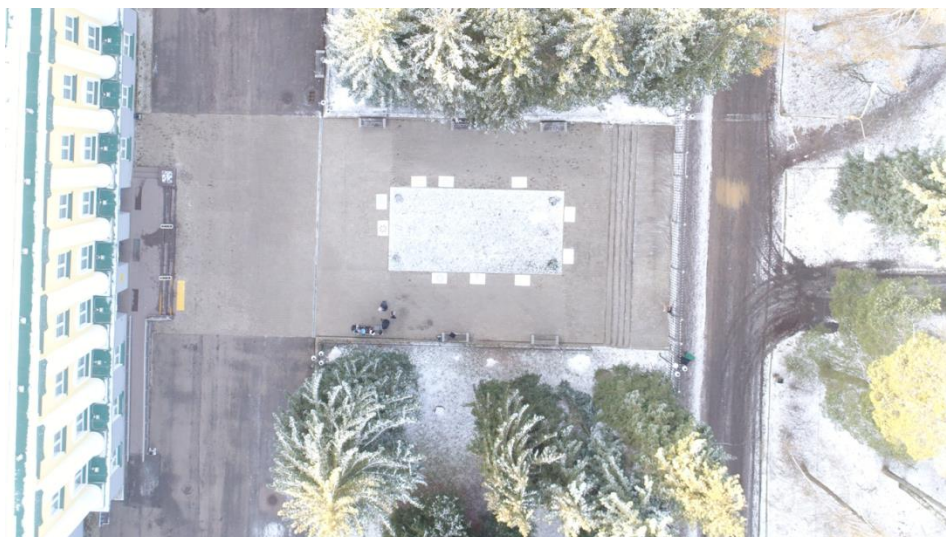


Рис. 7.1.Снимок, полученный с избыточной экспозицией, возникшей в результате сбоя системы автоматизированной калибровки

Повышение качества снимков направлено на последующее дешифрирование данных. Т.е. ведется не с целью улучшения «красоты, насыщенности» фотографии, а с конкретным набором настроек, повышающих распознаваемость необходимым техническим заданием визуальных данных.

Например, при аэрофотосъемке автомобильных дорог специалиста по обработке интересует повышение распознаваемости данных на поверхности собственно дороги, т.е. знаков, разметки, дефектов на асфальте. При аэрофотосъемке лесных участков для задачи таксации интересует распознаваемость пород деревьев, подлеска и состояние лесных дорог.

Таким образом с помощью цифровой обработки фотоснимков можно помочь выявить данные, нужные для дешифрирования, которые не видны при просмотре необработанных снимков. Такие как: границы растительности с различным цветом, виды и состояние почвы и грунта, их загрязнение, породы деревьев и кустарников и т.д.

1. Знакомство с интерфейсом типового растрового редактора

В графическом растровом редакторе выполняется импорт (с помощью кнопки **Import**) данных посредством выбора пути к папке с исходными фотоснимками (рис 7.3).

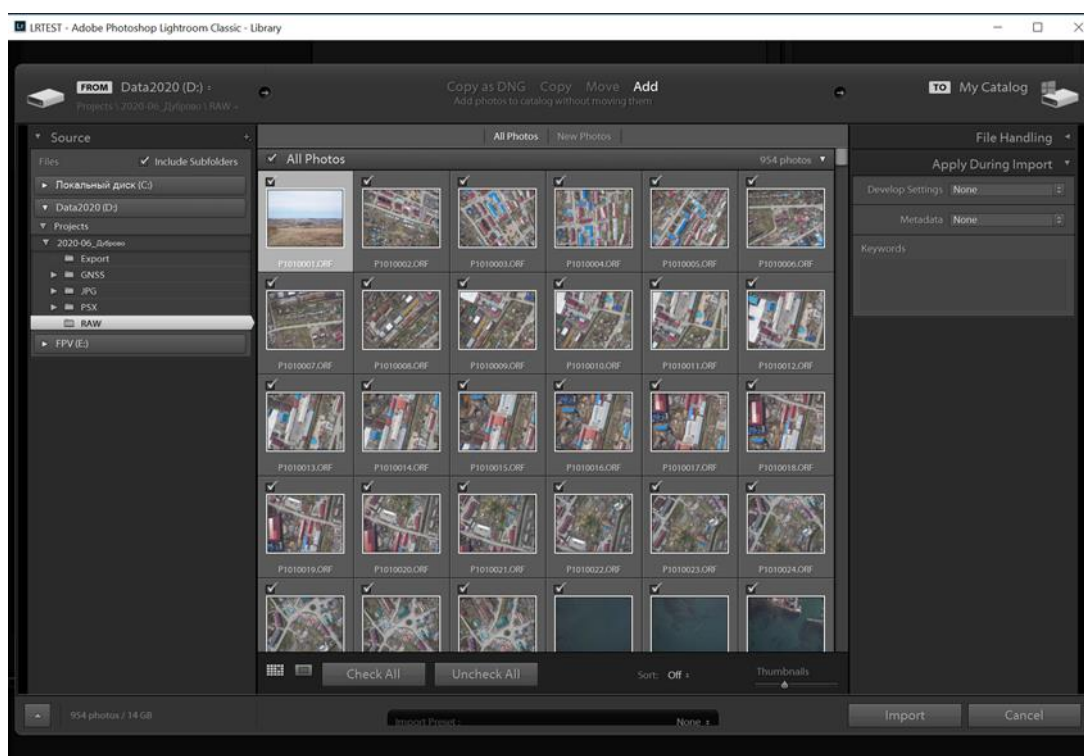


Рис. 7.3. Импорт набора фотографий в проект

Следующим шагом является выбор характерного снимка из набора, на котором присутствуют основные целевые объекты съемки. Для использующихся в качестве примера данных это здания, сооружения и прочие элементы застройки. Соответственно, улучшение изобразительных характеристик этих объектов является приоритетной целью при обработке. После выбора снимка необходимо перейти в режим **Develop**, отвечающий за редактирование снимка.

Рассмотрим подробнее основные параметры (Рис 7.4) и порядок их настройки.

Основные параметры для обработки аэрофотоснимков в RAW формате

О с н о в н ы е п а р а м е т р ы:

-Temp, -Tint (Ц в е т о в а я т е м п е р а т у р а, О т т е н о к).

- *Exposure* (Экспокоррекция)
- *Contrast* (Контрастность)
- *Highlights* (Экспокоррекция ярко освещенных участков)
- *Shadows* (Экспокоррекция темных участков)
- *Whites* (Экспокоррекция светлых участков)
- *Blacks* (Экспокоррекция черных участков)
- *Vibrance* (Цветность приглушенных цветов)
- *Saturation* (Цветовая насыщенность пикселей всех цветов).

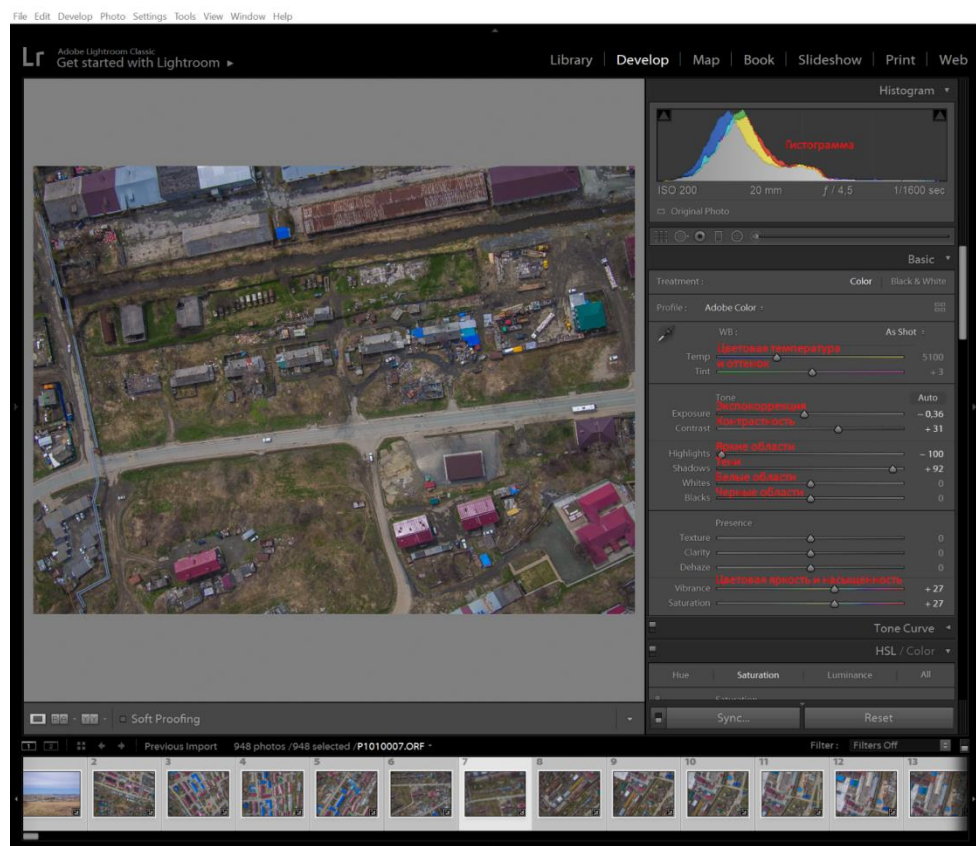


Рис. 7.4. Основные параметры настройки при коррекции фотографии

Порядок применения основных параметров обработки фотоснимков:

1) Настраивается параметр Exposure (Экспокоррекция) и Contrast (Контрастность) таким образом, чтобы гистограмма (график распределения пикселей с различной яркостью) плавно начинался слева и плавно завершался в правой стороны графика и визуально соответствовал нормальному закону распределения.

2) Для дополнительной коррекции видимости темных и светлых участков можно и нужно использовать параметры Highlights (Экспокоррекция ярко освещенных участков), Shadows (Экспокоррекция темных участков), а также Whites (Экспокоррекция светлых участков) и Blacks (Экспокоррекция черных участков).

Хороший показатель корректной настройки яркости отдельных участков является видимость затемненных и теневых областей изображения, при одновременной распознаваемости ярких участков, таких как светлые крыши домов, участки асфальта, песка и т.д. Гистограмма также используется для контроля корректной настройки изображения (рис 7.5, 7.6, 7.7).

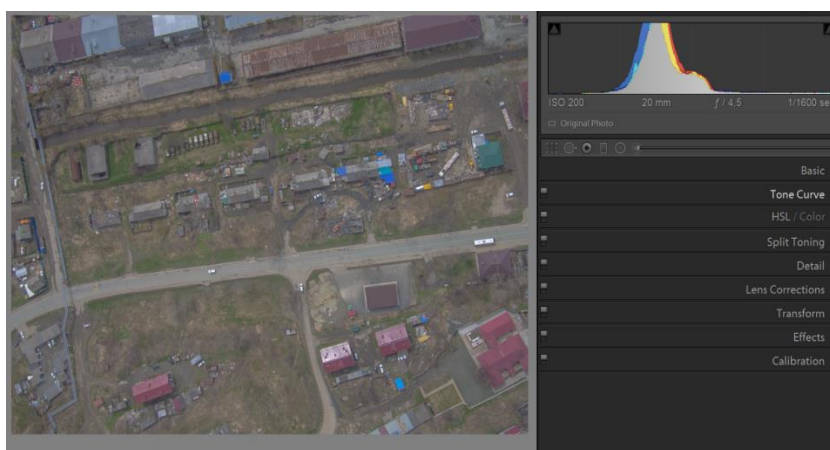


Рис. 7.5. Гистограмма фотоснимка с недостаточной контрастностью

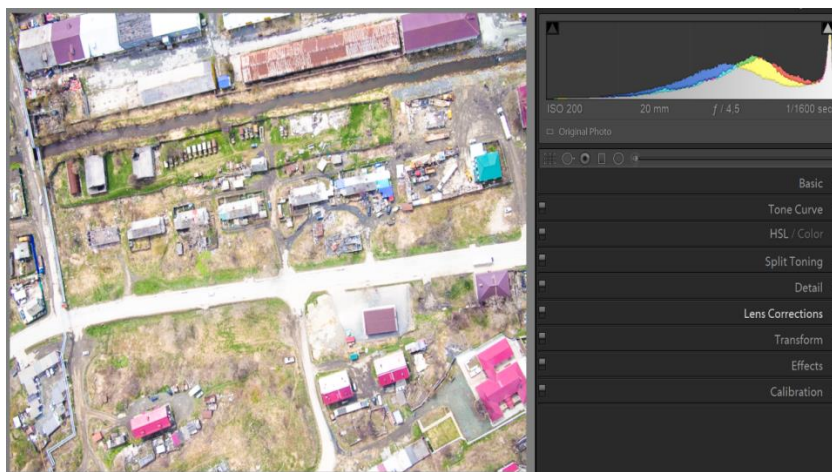


Рис. 7.6. Гистограмма фотоснимка с избыточной экспозицией

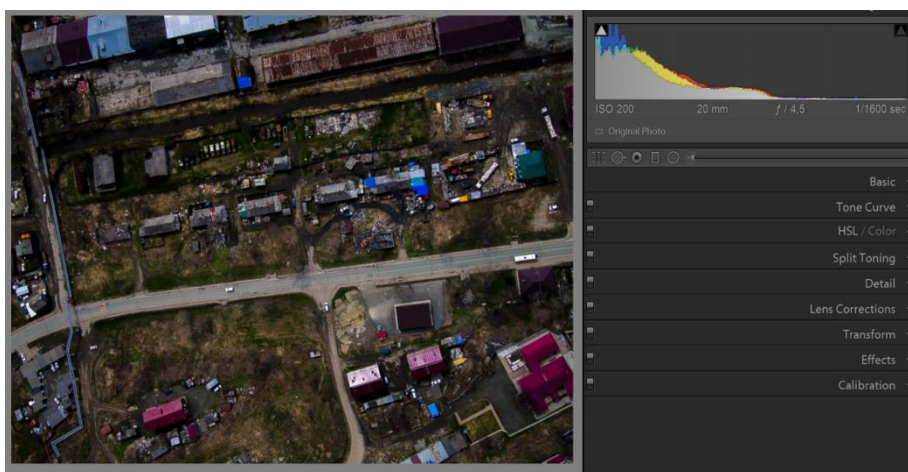


Рис. 7.7. Гистограмма снимка с недостаточной экспозицией

3) Настраивается цветовая температура, исходя из условий освещенности, либо с помощью инструмента WhiteBalanceSelector и указания серой области(бесцветной) на снимке. Также можно увеличить цветовую насыщенность (например, с целью цветового выделения различных пород деревьев, почв) с помощью инструментов Vibrance(Цветность приглушенных цветов) и Saturation (Цветовая насыщенность пикселей всех цветов).

4) При необходимости можно воспользоваться инструментом повышения микрорезкости изображения, а также инструментом по уменьшению цифровых шумов. Использовать данные инструменты следует с осторожностью, слишком большое повышение микрорезкости может

привести к повышению шумности, сложностям при обработке фотоснимков программами цифровой фотограмметрии из-за возникновения артефактов.

Уменьшение количества шумов приводит к снижению фактической детализации снимков, а значит и ортофотопланов получаемых из этих снимков (рис 7.8).

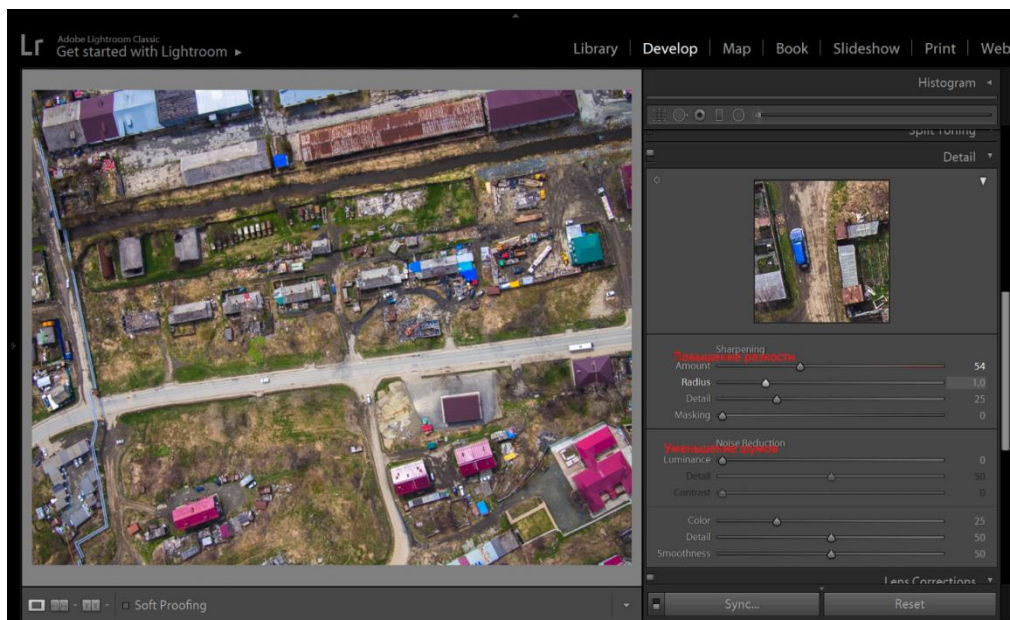


Рис. 7.8. Инструменты повышения резкости и уменьшения количества шумов

5) Хроматические aberrации. Некоторые из объективов имеют большие хроматические aberrации, которые можно устранить с помощью инструмента **LensCorrection** в ручном и автоматическом режиме. Наиболее сильно хроматические aberrации проявляются на контрастных объектах в углах кадра. Рекомендуется исправлять хроматические aberrации, если это необходимо.

Заметим, что размер и форма хроматических aberrаций зависят от использованного объектива фотокамеры, и (незначительно) от значения диафрагмы фотоснимка. Поэтому, один раз настроив коррекцию хроматических aberrаций для фотокамеры с объективом можно использовать эти данные для любых снимков, сделанных данным объективом (рис 7.9 и 7.10).

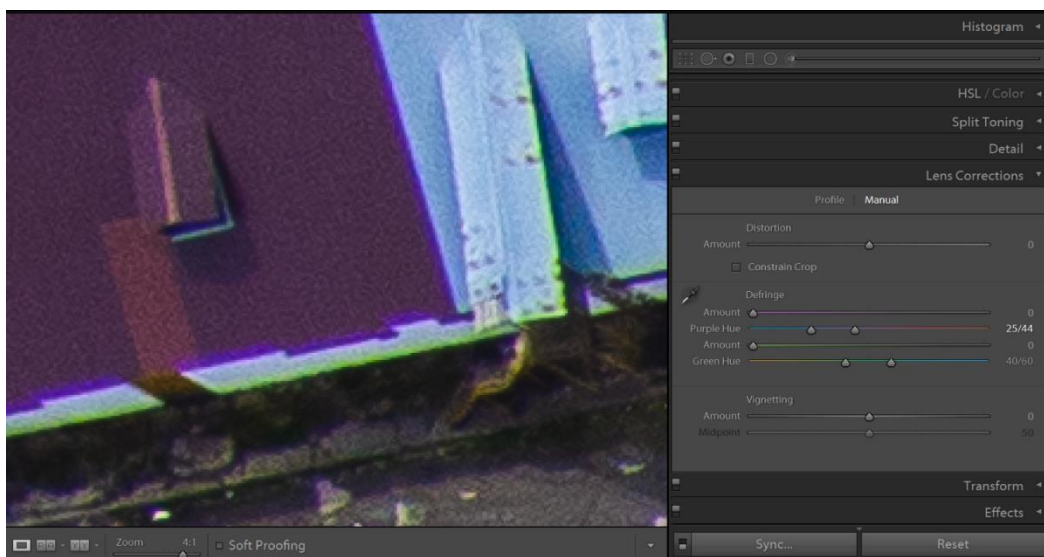


Рис. 7.9. Хроматические aberrации в синем и зеленом диапазонах до коррекции, объектив Panasonic 20mmF 1.7:

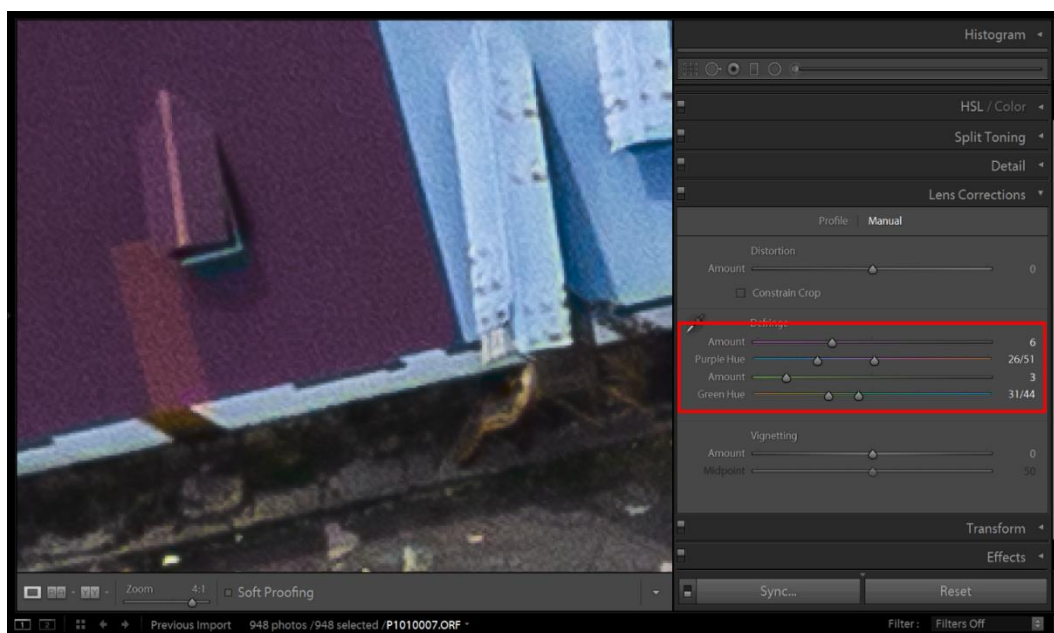


Рис. 7.10. Хроматические aberrации после коррекции, объектив Panasonic 20mmF 1.7

Завершив редактирование модельного изображения, установите его как референт (**SetasReference**). Далее выделите всех снимков с помощью мышки или комбинации клавиш **CTRL+A**. Затем выполняется синхронизация настроек с помощью кнопки **Sync**. После вызова процедуры синхронизации

убедитесь, что выбраны все (или нужные вам) галочки напротив синхронизируемых настроек (рис 7.11).

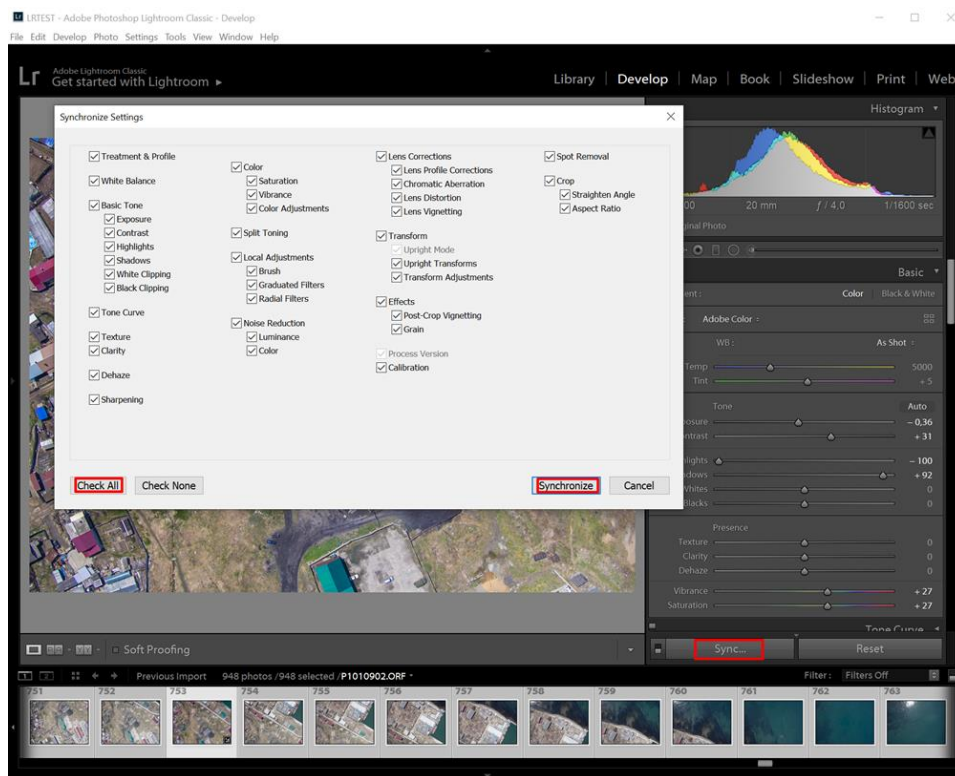


Рис. 7.11. Настройки синхронизации при коррекции набора изображений по эталону

Подождите завершения процедуры синхронизации для всех снимков. Это может занять до нескольких минут или часов, в зависимости от их количества и производительности компьютера.

б) После применения настроек для всех снимков серии остается только откорректировать экспозицию для отдельных снимков, или групп снимков. Например, часть снимков сделана в условиях облачности, либо с большим или меньшим альбедо. Для этих групп снимков в разделе Library можно применять «быстрые» настройки экспокоррекции (рис. 7.12).

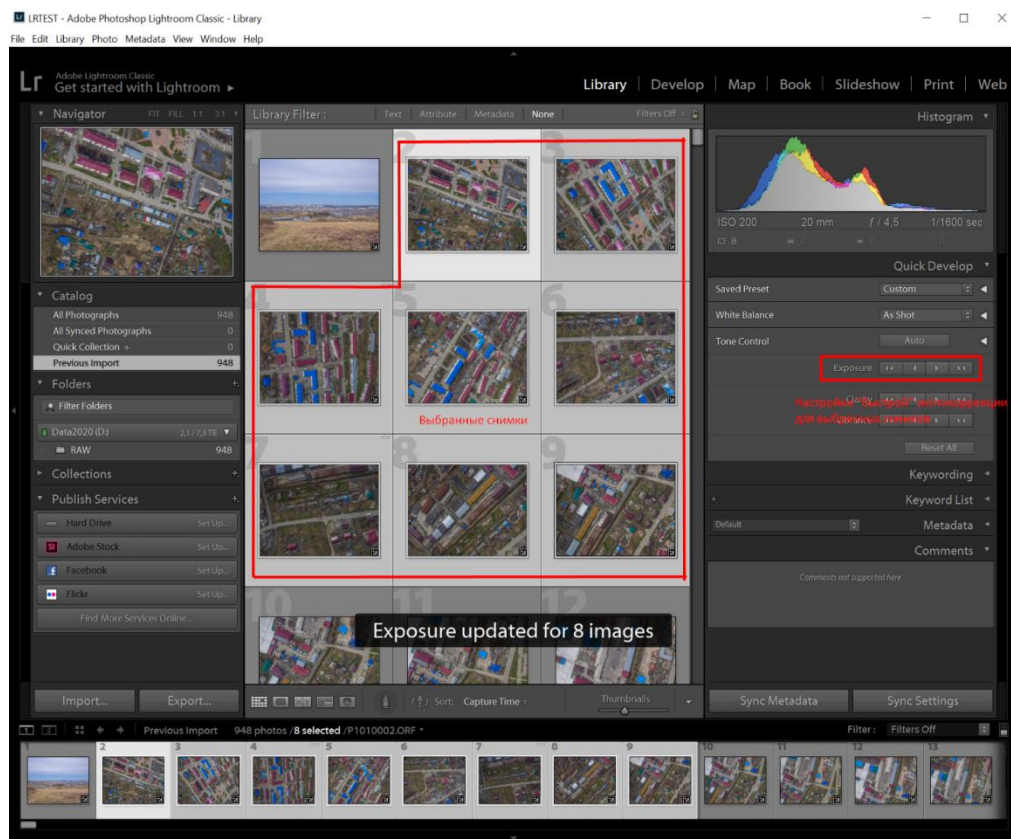


Рис. 7.12. Быстрые настройки экспокоррекции для библиотеки снимков

7) Экспорт снимков. В разделе Library выбираются все обработанные, либо часть снимков, соответствующая одному полету, и выполняется процедура экспорта снимков. Для большинства программ цифровой фотограмметрии используется файлы формата JPG.

В окне экспорта фотоснимков необходимо выбрать следующие параметры:

- место экспорта в файловой системе, отдельную папку,
- качество снимков, обычно программы цифровой фотограмметрии используют формат JPG, качество, соответствующее минимумам объема данных и количество артефактов сжатия 65-75%,
- не следует использовать изменение (уменьшение) размера снимков для максимального качества обработки данных аэрофотосъемки.

При необходимости в окне экспорта можно использовать пункт именованя файлов согласно требуемой номенклатуры имен для программ цифровой фотограмметрии и дифференциальных спутниковых измерений.

Выполнение экспорта фотоснимков из «сырого» формата в файлы формата JPG занимает значительное машинное время. При обработке данных в текущей версии Lightroom (рис. 7.13) используется центральный процессор, производительность которого прямо влияет на время обработки данных.

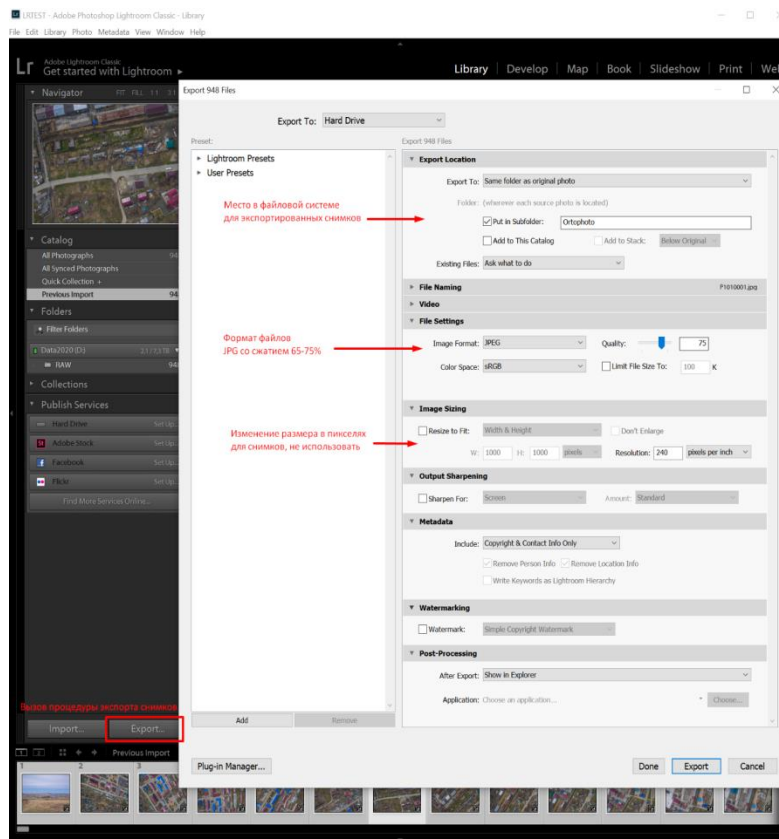


Рис. 7.13. Экспорт откорректированных данных

Выполнение фотосъемки с БВС в формате данных RAW (англ. raw — сырой, необработанный) и последующее использование графических растровых редакторов позволяет

- повысить качество материалов фотосъемки и последующей цифровой обработки данных,
- увеличить распознаваемость данных на фотоснимках;
- уменьшить количество плохо дешифрируемых территорий, объектов;

- уменьшить количество брака фотосъемки, даже при ошибках настройки фотокамеры, и следовательно, необходимость дополнительных работ по пересъемке.

При этом обработка данных съемки в RAW формате в растровых графических редакторах требует дополнительной операции во время камеральной обработки данных, требующей времени работы специалиста, а также машинного времени для обработки данных.

Контрольные вопросы:

1. Объясните причины, по которым полученным в результате съемки с БВС снимкам необходимы дополнительные операции предобработки?

2. Какие преимущества дает съемка в формате .RAW перед JPG с позиции предварительной обработки результатов в графических растровых редакторах?

3. Какие графические редакторы, способные обрабатывать съемочные данные в потоковом режиме вам известны?

4. Расскажите, что вы понимаете под понятием «гистограмма» применительно к цифровым съемочным материалам.

5. Что такое «Баланс белого»?

6. Перечислите известные вам основные параметры обработки фотоматериалов в растровых редакторах?

7. Какова роль референц-изображения в процессе потоковой обработки набора аэрофотоснимков?

8. Почему после обработки иногда возникает необходимость коррекции отдельных снимков по экспозиции?

9. На какие параметры следует обращать внимание при экспорте обработанных данных?

10. Опишите причины, по которым на съемочных материалах образуются хроматические аберрации.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

ОБРАБОТКА ДАННЫХ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПОРНЫХ ТОЧЕК

Цель работы: *получить навыки в обработке данных аэрофотосъемки, полученных с БВС вертолетного типа, с использованием опорных знаков в программном обеспечении Agisoft Metashape с целью получения цифровой модели местности и ортофотоплана.*

Ортофотопланы и цифровые модели местности являются одними из самых востребованных на текущий момент продуктов обработки данных дистанционного зондирования, полученных.

Ортофотоплан - это фотографический план местности на точной геодезической основе, полученный путём аэрофотосъемки с последующим преобразованием аэроснимков из центральной проекции в ортогональную.

ГОСТ - Растровое изображение местности в ортогональной проекции, заданной системе координат и высот.

Цифровая модель местности (ЦММ) - совокупность информации о положении, характеристиках объектов местности, связях между ними и топографической поверхности, представленные в форме, доступной для обработки на ЭВМ.

ГОСТ - Цифровое представление пространственных объектов, соответствующих объективному составу топографических карт и планов, используемое для производства цифровых топографических карт; \множество, элементами которого являются топографо-геодезическая информация о местности и правила обращения с ней\".

Обычно этих данных достаточно для последующего использования в сфере топографии, картографии, геодезии, землеустройства, городского планирования. Впрочем, в отдельных случаях могут требоваться и другие

варианты экспорта данных, например экспорт облака точек для использования в программах 3D-обработки.

Исходные данные, которые должны быть у специалиста для получения качественных результатов обработки:

- Фотографии с воздуха, как правило представленные в формате JPG.
- Данные о центрах фотографирования.

Варианты представления могут быть различными, от файла в стандарте CSV или TXT, в котором перечислены имя файла, широта, долгота, высота (еще могут быть данные об углах съемки, полученные от полетного контроллера дрона). Пример:

```
#name latitude/Y longitude/X height/Z  
DSC06881.jpg 58,1063479 55,8553254 293,9
```

до использования лог-файлов с полетными данными распространённых полетных контроллеров (PX4 в их числе).

-Данные о центрах наземных меток (опознаков), расположенных на поверхности съемки. Формат представления – полностью аналогичен вышеописанным данным о центрах фотографирования, только вместо имени файлов – имя(номер) опознака.

1. Постановка задачи и исходные данные.

В рамках данного практического задания будет выполнена обработка данных дистанционного зондирования, полученных с БВС вертолетного типа. Обучающиеся пройдут полный цикл обработки и на выходе получат итоговую продукцию в виде ортофотоплана и цифровой модели местности, а также научится генерировать итоговый отчет. Исходные данные для выполнения данного задания располагаются в папке **[БеспТех]Лабораторная работа №6.zip** и распространяются преподавателем на по причине их сравнительно большего размера.

2. Предварительный анализ съемочной информации и подготовка ее к дальнейшей обработке в Agisoft Agisoft Metashape.

Откройте папку с файлами проекта. В ней расположены снимки в формате **.jpg**, координаты центров фотографирования! **Веб-курс центры фотографирования МСК_59.txt**, измеренные геодезическими приборами координаты опорных знаков!**Веб-курс опознаки МСК_59.txt**.

Первым шагом будет загрузка фотографий в Agisoft Metashape.. В разделе **Проект** добавьте фотографии в последовательности действий: **Добавить – Добавить фотографии** (рис. 8.1).

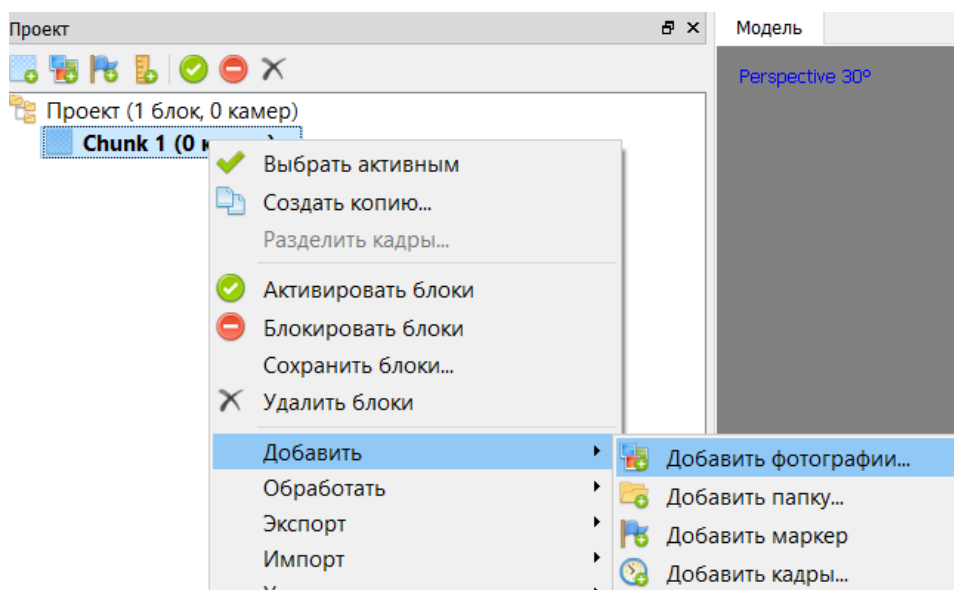


Рис. 8.1. Добавление фотографий в проект

Добавив снимки в проект, следует указать координаты (широта, долгота, высота/XYZ в зависимости от используемой системы координат). Также существует возможность добавлять данные об углах положения камеры в момент съемки, если информация такого рода имеется в наличии. Перейдите в закладку **Привязка**, расположенную в нижней левой части интерфейса и нажмите на пиктограмму **Импорт** и загрузите файл **! Веб-курс центры фотографирования МСК_59.txt**. Откроется окно утилиты импорта информации (Рис. 8.2). В примере использованы данные съемки с вертолета, с камерой, установленной на стабилизированном подвесе. В связи с этим указание углов фотографирования, записанные полетным контроллером, не

используется. Привязка координат к конкретному фотоснимку происходит при совпадении имени файла с полем «Название» в окне Импорта CSV.

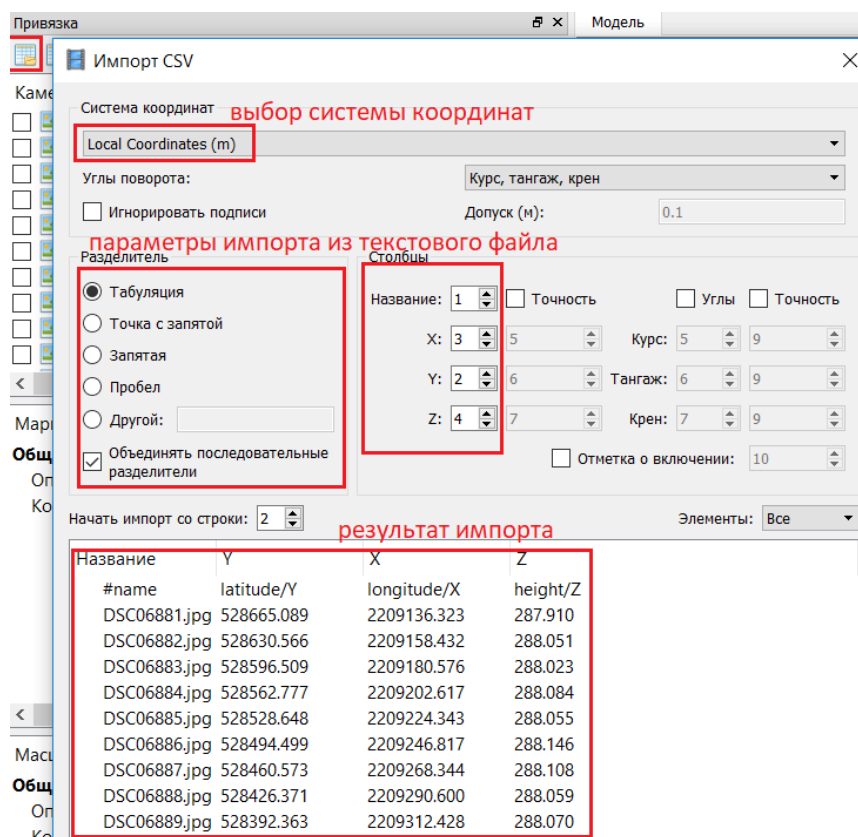


Рис. 8.2. Настройка параметров импорта центров фотографирования

В графе **Система координат** установите локальную метровую систему координат **LocalCoordinates (m)**. В параметрах импорта установите разделитель **Табуляция** и рассортируйте столбцы так, как это показано на рисунке выше. Оцените предварительный результат импорта и нажмите **«Ок»**.

Процедура импорта файла с координатами и точностью опорных знаков выглядит точно так же, за исключением того, что имя опознака должно быть уникально, не совпадать с именем другого объекта или файла фотографии (рис. 8.3).

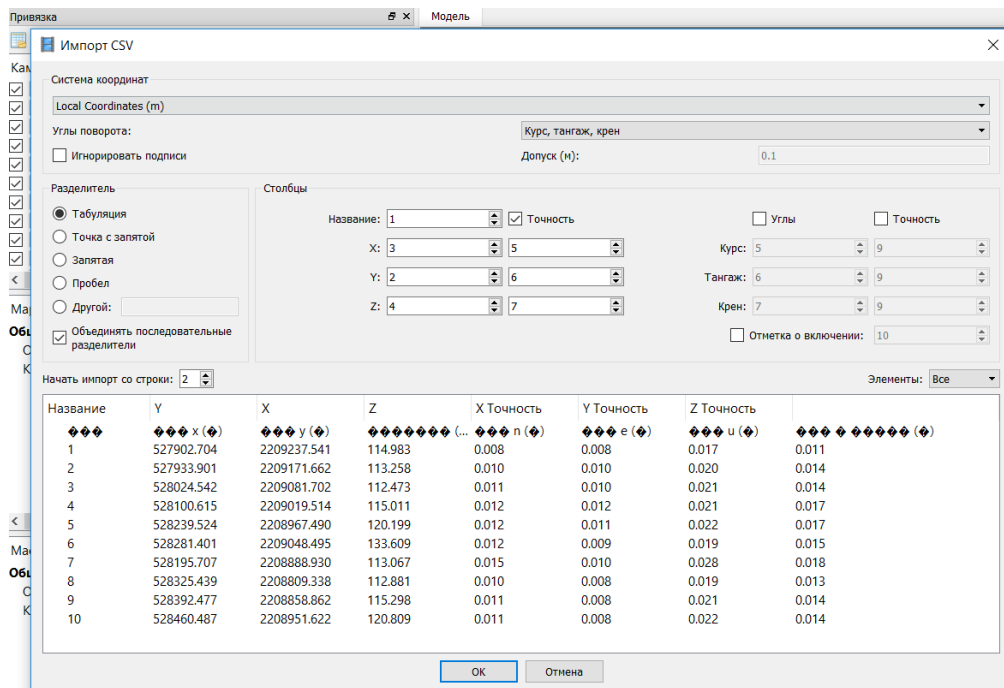


Рис. 8.3. Настройка параметров импорта координат опознавательных знаков

В результате выполнения этих действий в рабочем окне проекта будут отображены центры фотографий и опорные знаки (Рис. 8.4.). Если данные построения будут в дальнейшем мешаться при визуальном анализе их отображение всегда можно отключить, используя пиктограммы **Показать Маркеры** и **Показать Камеры**.

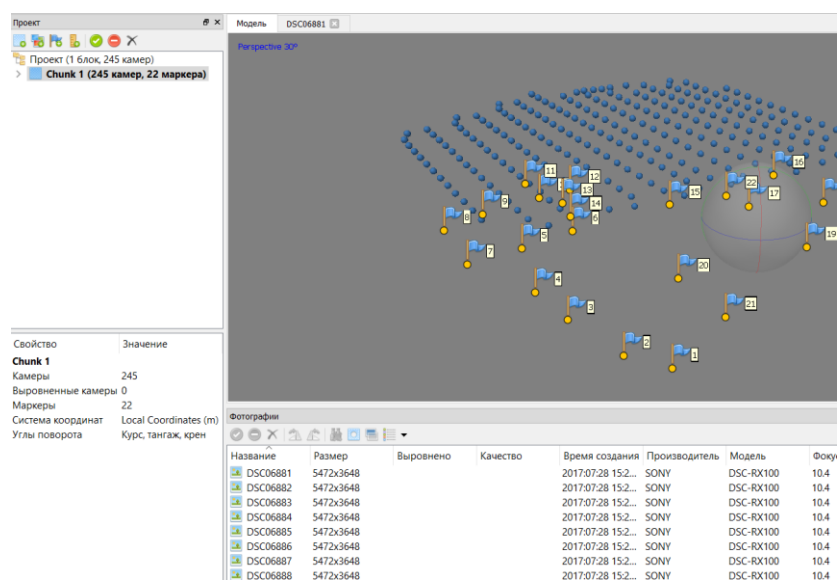


Рис. 8.4. Общий вид проекта после завершения операций по импорту координат центров снимков и опознавательных знаков

3. Визуальная оценка загруженных изображений оператором и удаление бракованных кадров

На данном шаге вы можете посмотреть и исключить снимки, которые имеют низкое качество, вызванное недостаточно длинной выдержкой (смаз). Для определения кадров с низким качеством рекомендуется провести процедуру «**Оценить качество изображений**», и используя параметр качества (рРис. 8.5) исключить смазанные и нерезкие снимки (высокий параметр «**Качество**» соответствует высокой резкости изображений).

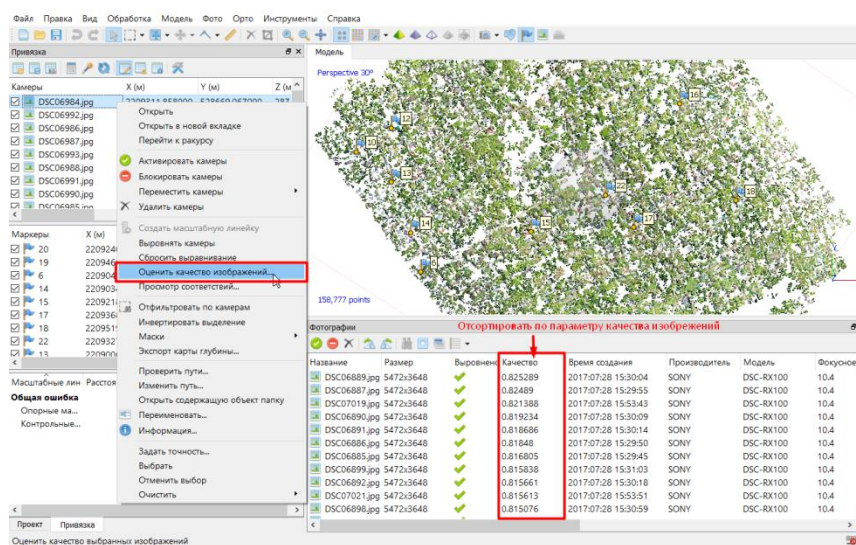


Рис. 8.5. Оценка качества изображений программно-аппаратными средствами Agisoft Metashape.

Самостоятельно визуально оцените изображения блока, определенные программой как относительно некачественные и удалите их при необходимости.

Так же рекомендуется извлекать из обработки изображения, отснятые во время разворота воздушного судна (имеющие высокие углы крена) и выходящие за пределы съемочного. Определить границы съемки можно с помощью наложения полигона из внешнего файла .shp, kml и .dxf . Если информация по углам имеется в наличие, то она будет отображаться в разделе фотоматериалов после импортирования.

3. Выравнивание снимков

Выполняется с помощью пункта **Меню – Обработка – Выровнять фотографии**. На этапе проводится поиск характерных общих точек на фотографиях, по которым в дальнейшем будет рассчитываться карта глубин (рис. 8.6).

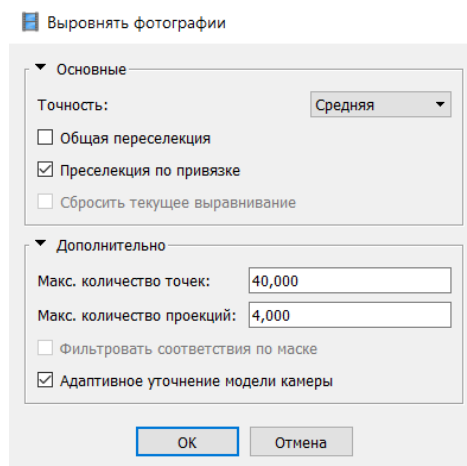


Рис. 8.6. Параметры процедуры выравнивания фотографий

Параметры выравнивания влияют на результаты обработки, и могут быть изменены.

Точность. Высокая точность позволяет получить наиболее достоверное положение камеры, низкая точность уменьшает время обработки. Для практических задач рекомендуется использовать среднюю точность для задач, не требующих высокой точности выходных данных (например, для задач сельского, лесного хозяйства), высокую - для задач, связанных с минимальными погрешностями (например для геодезических задач, для построения карт, топопланов малого масштаба).

Преселекция пар. Поиск соответствий (общих точек) на изображениях. Для проекта с известными данными о центрах фотографирования оптимально использовать преселекцию снимков по привязке. Это исключит избыточные вычисления «сравнения всех со всеми». Для данных съемки с дронов рекомендуется задать значение параметра Уровень земли (средняя высота поверхности земли на участке съемки) в диалоговом окне Параметры привязки на вкладке Привязка для повышения

эффективности процедуры преселекции. Данные об уровне земли должны сопровождаться данными по параметрам Курс, Тангаж и Рыскание в соответствующих полях на вкладке Привязка.

Идеальным условием будет, если вы можете обрабатывать исходные данные со средней или высокой точности (Рис. 8.7.). Если вычислительные мощности компьютерного класса не позволяют решить данную задачу в приемлемые по времени сроки, то можно снизить точность обработки и использовать прилагающийся к данной работе проверочный файл проекта **LipinHeli2018** как наглядное пособие.

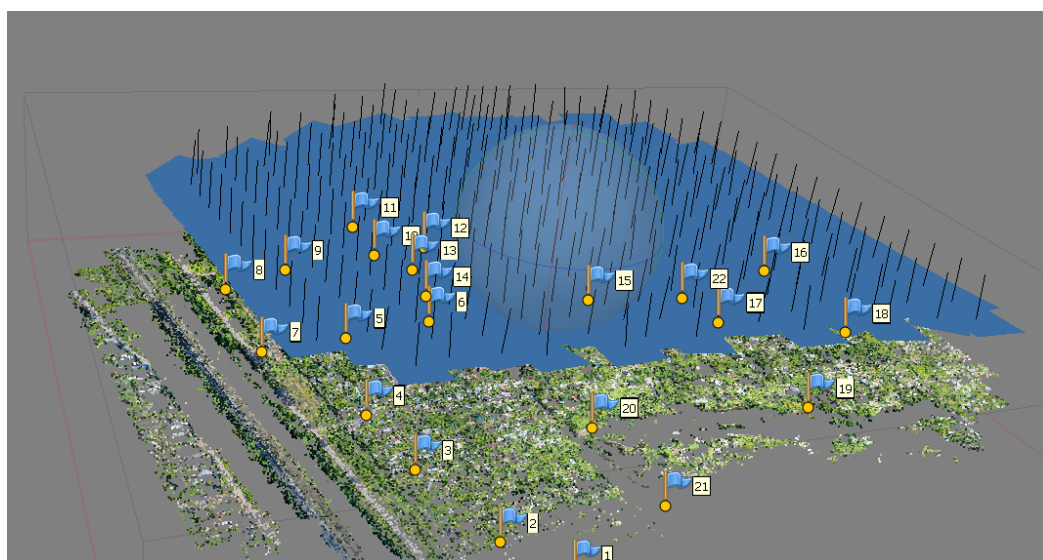


Рис. 8.7. Результат выравнивания фотографий на средних настройках

3. Измерение опознавательных знаков на фотоизображениях проекта

После выравнивания необходимо провести расстановку опознаков на фотоснимках. Для этого выберете первый опознак и с помощью щелчка правой кнопкой мыши отфильтруйте снимки, на которые «попадает» данный опознак (рис. 8.8).

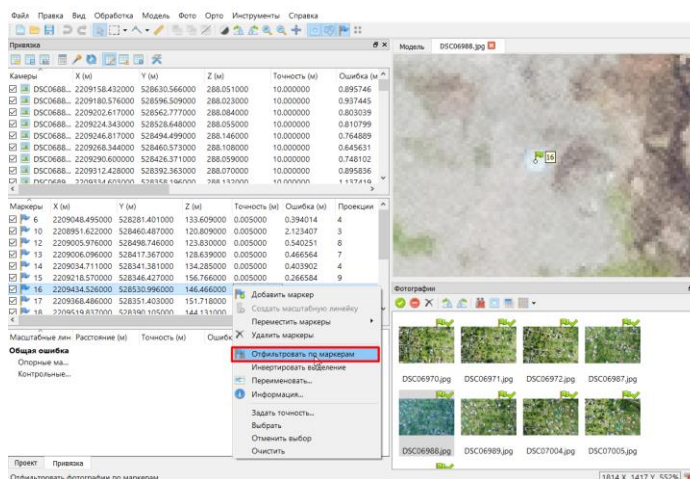


Рис. 8.8. Выборка снимков, содержащих определенный опознавательный знак

Затем, после фильтрации изображений с координатами опознака, указывайте с максимальной точностью его центр на каждом снимке, из списка отфильтрованных по маркеру. Проведите процедуру привязки каждого из расставленных на участке местности опознаков.

На данном шаге проявляются все погрешности, связанные с расстановкой, видимостью, однозначным пониманием положения опознака. Не точно указанное положение одного опознака влияет на точность всего проекта.


Пропускайте изображения, на которых невозможно однозначно навестись на центр опознавательного знака. Постарайтесь войти в допуск (рис. 7.9) по ошибке в метрах не выше 0,9 м. и в пикселах не выше 0,5 пикс.

	Ошибка (м)	Проекции	Ошибка (пикс)
l...	0.482620	11	0.314
'o...	0.380178	8	0.478
'o...	0.388899	6	0.303
'o...	0.324059	4	0.386
'o...	0.450175	13	0.266
'o...		0	0.000
'o...	0.427065	11	0.284
'o...	0.777383	9	0.388
'o...	1.325556	9	0.361
l...	1.032143	10	0.327
	1.381013	8	0.546
'o...	1.101972	9	0.439
'o...	0.698057	15	0.593
'o...	0.843640	2	0.217
'o...		0	0.000
	0.764025		0.395

Рис. 8.9. Суммарные погрешности определения положения опоры

Если у вас возникают проблемы с допусками, найдите точки с наибольшими ошибками и попробуйте измерить их заново. Так же уберите из обработки маркеры, расположенные на краях снимка (где наиболее велико влияние дисторсии объектива).

4. Оптимизация положения камер на основе измеренных опорных знаков

После добавления маркеров необходимо провести оптимизацию положения камер с помощью кнопки **Оптимизация камер** . На этом шаге рассчитываются параметры внешнего и внутреннего ориентирования камер (рис. 8.10), и в результате облако точек (разряженное на текущем шаге) как-бы привязывается к точно расставленным на земле опознакам.

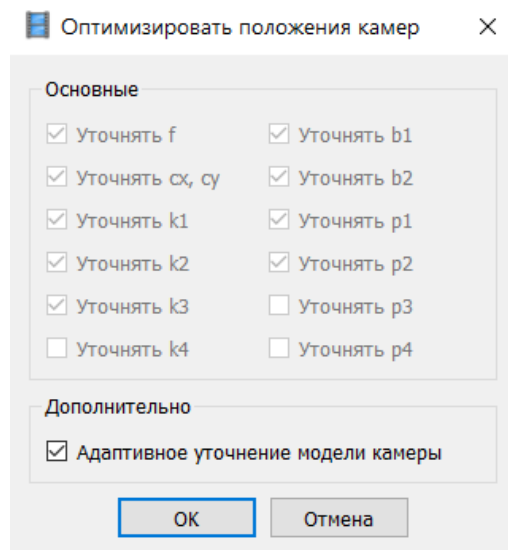


Рис. 8.10. Параметры функции оптимизации камер

Адаптивное уточнение модели камеры позволяет автоматически уточнять параметры камеры с учетом данных об их надежности. Рекомендуемая опция для обработки данных аэрофотосъемки.

После проведения оптимизации положения камер обратите внимание на ошибки положения опознаков. При правильном вычислении координат опознаков и правильной расстановки их на изображениях ошибка как правило не превышает 0.05 метров. При большой ошибке конкретного опознака ищите точное положение его на снимках, исключайте возможное неправильное определение его координат во время полевых работ. Большой запас количества опознаков расставленных на местности позволяет исключать неизбежно возникающие «проблемные» опознаки без ухудшения точности всего проекта.

5. Построение плотного облака

После коррекции разряженного облака (из общих точек снимков) проводится процедура построения плотного облака (точек). Для выполнения выберете следующий пункт меню **Обработка – Построить плотное облако** (рис. 8.11)

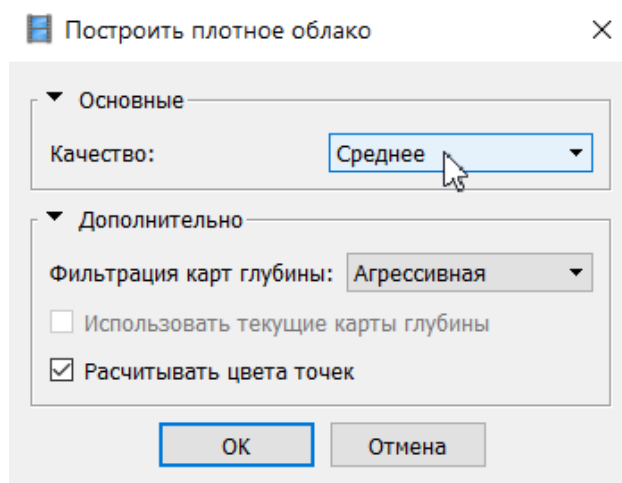


Рис. 8.11. Параметры функции построения плотного облака

Режим агрессивной фильтрации глубин - рекомендуемый для задачи обработки аэрофотоснимков. В этом случае минимизируется максимальное количество ошибочно позиционированных точек.

Построение плотного облака, исходя из данных выравнивания и общих точек найденных в массиве фотографий, - наиболее ресурсоёмкая задача, использование одной или нескольких выделенных графических процессора позволят сэкономить время. На этом этапе обработки также потребуется максимальное количество оперативной памяти (рис. 8.12).

Параметр качества при выполнении этой операции влияет на глубину математической обработки, и точность построения плотного облака точек, по которому на следующем этапе будет строиться цифровая модель.

После построения плотного облака возможно провести классификацию различных областей точек, как с помощью ручного выделения, так и с помощью инструментов в разделе **Инструменты – Плотное облако. Классифицированные области** облака позволяют строить отдельные модели, например - цифровую модель рельефа. Однако данная функция в этом практическом задании рассматриваться не будет.

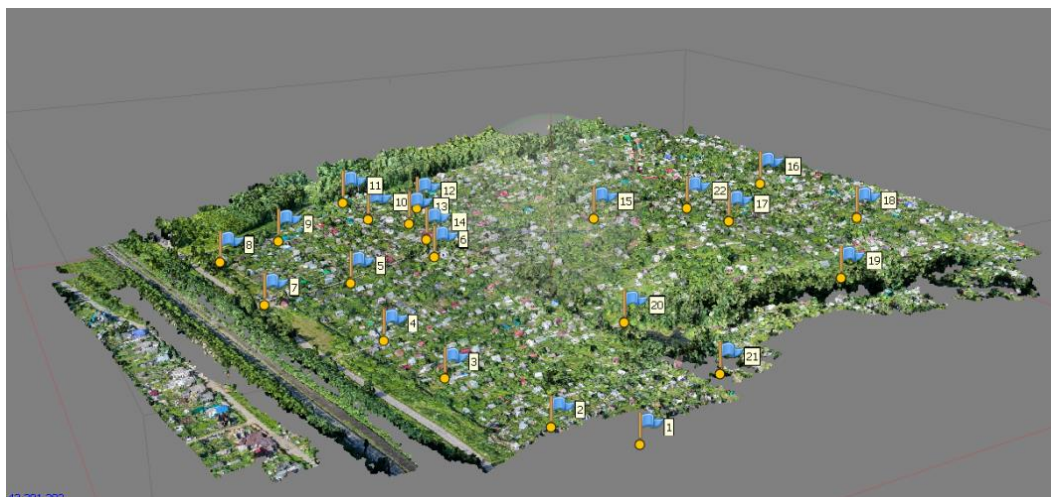


Рис. 8.12. Плотное облако точек, построенное по аэрофотоматериалам

6. Построение трехмерной полигональной модели

На основе плотного облака точек (либо части облака при сделанной классификации) на следующем шаге строится модель. Для выполнения выберите пункт меню **Обработка – Построить модель** (рис.8.13).

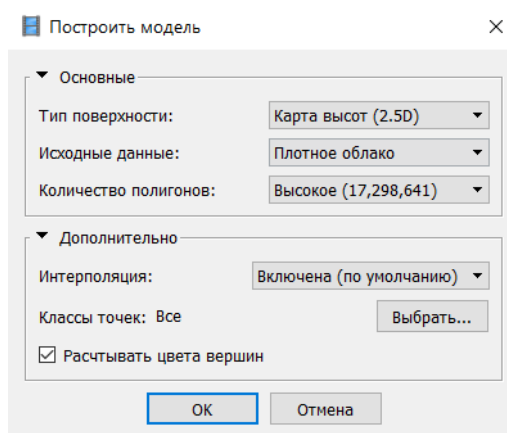


Рис. 8.13. Плотное облако точек, построенное по аэрофотоматериалам

Параметры реконструкции модели, рекомендуемые для данных аэрофотосъемки:

Тип поверхности – Карта высот 2.5D. Будет построена т.н. 2.5-мерная модель, для которой высота определяется однозначно, без полных и замкнутых областей.

Интерполяция – Включена, т.е. будет создана модель с заполнением отверстий, замкнутых областей без общих точек изображений.

Рекомендуется реконструкция модели с максимальным числом полигонов (рис 8.14.). В последствии, при необходимости возможно уменьшение их числа с помощью опции **«Упростить модель»** (Инструменты – Модель – Упростить модель).

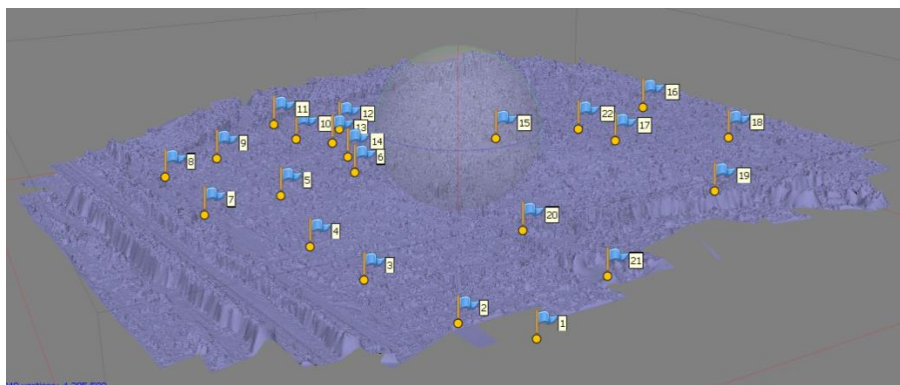


Рис. 8.14. Трехмерная модель рельефа, построенная по типу карты высот в 2,5D в режим отображения «сплошной»

7. Построение текстуры для трехмерной модели

На этом шаге построенная полигональная модель заполняется текстурами, сформированными на основе фотографий. Для выполнения этой операции выберите пункт меню **Обработка – Построить текстуру** по рекомендованным параметрам (Рис. 7.15.).

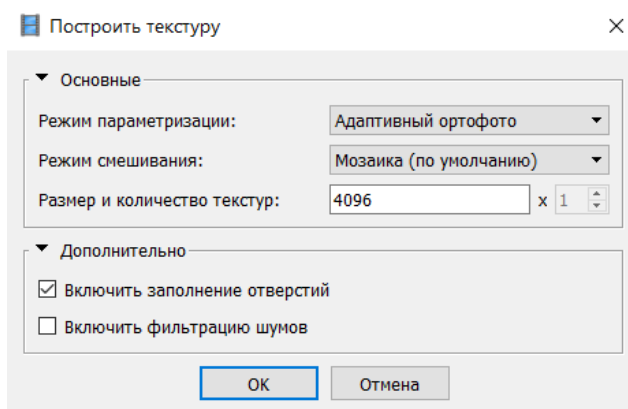


Рис. 8.15. Параметры создания текстуры для трехмерной модели поверхности

В режиме параметризации «Адаптивный ортофото» поверхность объекта разделяется на плоскую часть и вертикальные области. Плоская часть поверхности текстурируется с использованием ортографической проекции, в то время как вертикальные области текстурируются отдельно для сохранения точного отображения текстуры в этих областях. Данный режим позволяет получать более компактные текстуры для сцен близких к плоским, сохраняя при этом хорошее качество текстуры для вертикальных поверхностей (например, для стен зданий).

В режиме «Ортофото» вся поверхность объекта текстурируется в ортографической проекции. Данный режим позволяет получить еще более компактное представление текстуры, чем в режиме «Адаптивный ортофото», однако при этом сильно занижается качество текстуры для вертикальных областей.

Фильтрация шумов может быть включена, при наличии большого количества тонких структур (проводов, ЛЭП), и позволит избежать их использования на текстуре.

Как в случае создания фототекстур для трехмерного моделирования отдельных объектов в специальном ПО (SketchUp, Blender, 3DMax), качество получаемого результата будет прямо зависеть от качества исходного фотоматериала (рис 8.15).



Рис. 8.15. Трехмерная модель рельефа, построенная по типу карты высот в 2,5D в режим отображения «текстурированный»

8. Построение ЦММ/Карты высот

Карта высот в формате представляет из себя TIFF файл (привязанный к координатам или же нет) каждый пиксель которого несет в себе информацию по его высоте в выбранной системе координат. Для построения карты высот выберете пункт главного меню **Обработка – Построить карту высот** (рис. 8.16).

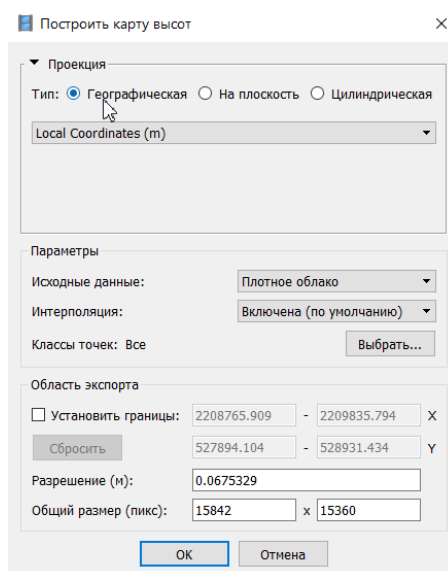


Рис. 8.16. Параметры построения карты высот

Важно отличать ЦММ (Цифровую модель местности/высот) от ЦМР (Цифровая модель рельефа) (рис. 7.17.).

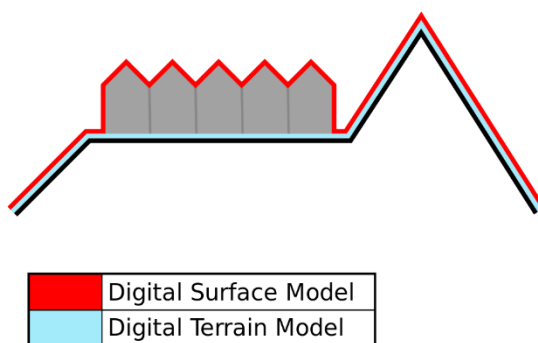


Рис. 8.17. Особенности ЦММ/DSM и ЦМР/DTM

При обработке данных съемки с воздуха вы получите цифровую модель высот (рис. 8.18) всех видимых объектов, включая дома, деревья и т.д. Получить цифровую модели рельефа можно будет при последующей

обработке данных, например с помощью пакета **ERSIArcMap** с набором инструментов **SpatialAnalyst**. ПО **Metashape** имеет возможность построения цифровой модели рельефа с помощью классификации точек поверхности но это представляется весьма трудоемкой непрактичной процедурой для больших объектов.

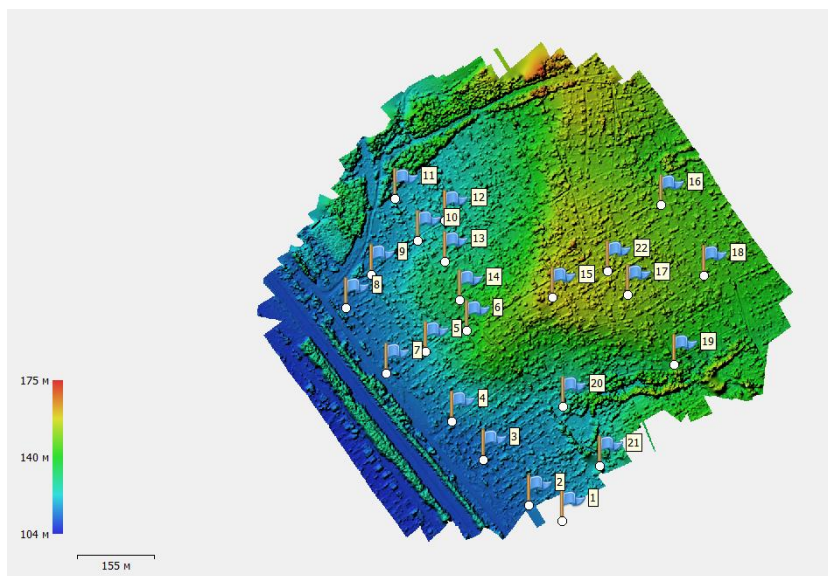


Рис. 8.18. ЦММ полученная в процессе выполнения учебного проекта

Построение Ортофотоплана

Ортофотоплан в терминологии **Metashape** – вертикальная проекция цифровой модели с наложенной текстурой из множества фотоснимков. Основной формат (при экспорте) – GeoTIFF, обычно высокого разрешения. Построение данной проекции выполняется с помощью пункта меню **Обработка – Построить ортофотоплан** (рис. 8.19).

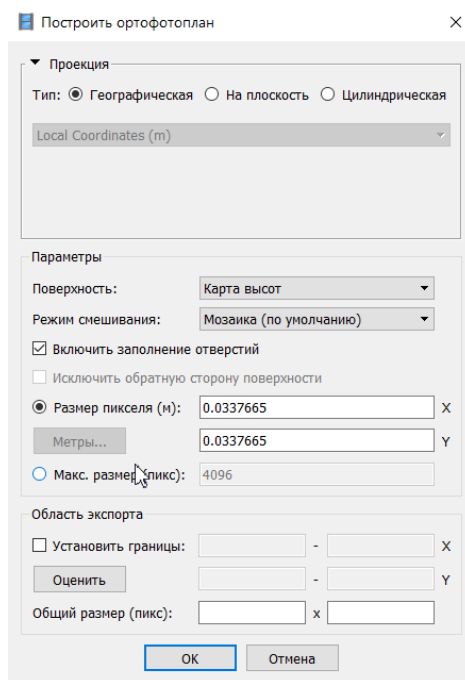


Рис. 8.19. ЦММ, полученная в процессе выполнения учебного проекта

Внимательно проверьте проекцию, в которой будет создано ортофто и размер пикселя. Избыточное разрешение не всегда удобно в дальнейшей обработке, при необходимости его можно уменьшить (рис. 8.20.).



Рис. 8.20. Ортофотоплан, полученный в процессе выполнения учебного проекта

10. Создание и экспорт отчета

Agisoft Metashape генерирует отчет в виде PDF файла, в котором компилируется информация из проекта о исходных данных, параметрах

камеры, центрах фотографирования и т.д. Для того что бы создать отчет, используйте команду главного меню **Файл – Экспорт – Создать отчет**.

Выведите полученный отчет на экран любым удобным способом и ознакомьтесь с представленными в нем пунктами (рис. 8.21). Подробно пункты данного отчета будут изучаться в последующих работах.

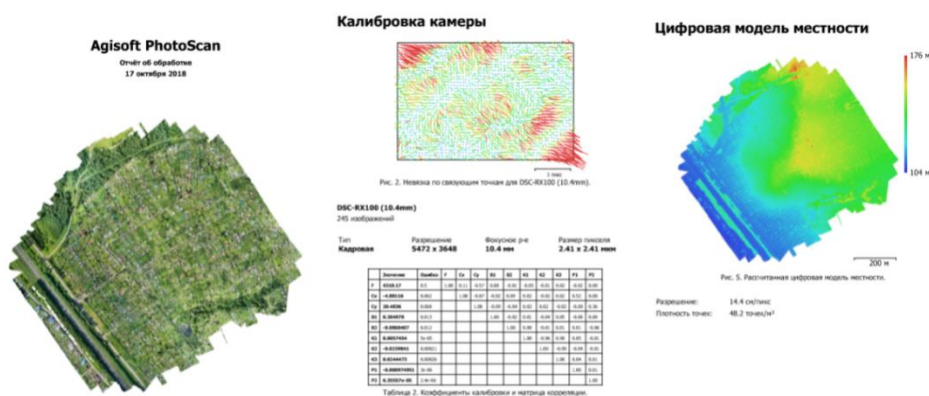


Рис. 8.21. Некоторые страницы автоматически генерирующегося отчета по проекту

11. Контроль

Практическое задание считается выполненным, если обучающийся по его завершению предоставит преподавателю на проверку успешно созданный **ортофотоплан и карту высот в Agisoft Metashape** и отчет в виде **.pdf** файла.

12. Самостоятельная работа

В рамках самостоятельной работы обучающийся должен повторно выполнить проект практического занятия, используя свой вариант набора опорных знаков, в соответствии с вариантом по журналу. Файл с координатами опоры выбирается в соответствии с **Приложением № 1** данного учебного пособия.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение термина «ортофотоплан» по ГОСТ.
2. Определение термина «ЦММ» по ГОСТ.
3. Помимо ЦММ, ЦМР и ортофотопланов какая еще продукция фотограмметрической обработки может быть востребована заказчиком?

4. Назовите пример представления информации о центрах фотографирования в момент съемки в процессе летных мероприятий?

5. Дайте определение понятию «разряженное облако» применительно к обработке полученных с беспилотного носителя данных.

6. Что из себя представляет опорный фотограмметрический знак? Каким образом измеряется положение его проекции на аэрофотоснимках в **Agisoft Metashape**

7. Дайте определение понятию «плотное облако» применительно к обработке полученных с беспилотного носителя данных.

8. За счет чего достигается оптимизация положения камер на основе измеренных опорных знаков?

9. К чему приведет выбор параметра «Тип поверхности – Карат высот 2.5D» при построении трехмерной модели?

10. Каким образом формируется итоговый отчет по обработке проекта в ПО **Agisoft Metashape**?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

ОБРАБОТКА ДАННЫХ С МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЙ КАМЕРЫ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Цель работы: *получить навыки в обработке данных, полученных с мультиспектральной камеры с целью создания изображения вегетационного индекса.*

Беспилотные летательные аппараты начинают активно использоваться в сельскохозяйственном секторе. На текущий момент на рынке начинают появляться решения в виде бюджетных мультиспектральных камер, характеристики которых позволяют генерировать данные с приемлемым радиометрическими и спектральным разрешением. На основе получаемых с подобного рода камеры можно выполнять автоматизированную классификацию растительных объектов и генерировать вегетационные индексы.

Отдельно следует отметить, что общая концепция обработки подобного рода данных в современных ЦФС практически не отличается от обработки снимков видимого диапазона. Однако существуют существенные различия на стадии, как предобработки и планирования съёмочных мероприятий, так и на стадии постобработки. Получаемые с мультиспектральных камер данные необходимо калибровать с использованием специального объекта-мишени, съемку которого выполняют непосредственно перед полетом. Чаще всего калибровка выполняется в специальном программном обеспечении, поставляемом в комплекте с оборудованием.

1. Знакомство с калибровочным ПО и предварительный анализ данных.

Запустите программный пакет MAPIR_Camera_Control. Перейдите на вкладку Viewer и откройте любое изображение из папки с исходными данными (9.1).

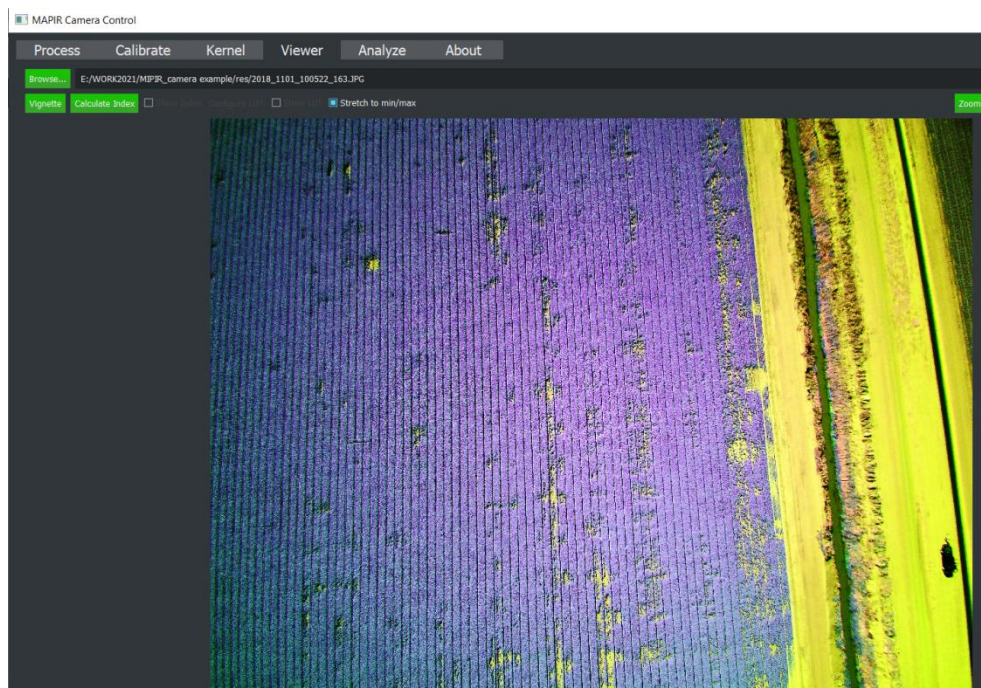


Рис 9.1 Анализ материалов аэрофотосъемки в СПО для калибровки снимков

Нажмите на кнопку «**CalculateIndex**» и используя встроенный калькулятор формулы, выставите **Band 3** как **Y**, а **Band 2** как **X** и постройте изображение индекса **NDVI**. Выберите (**ConfigureLut**) предлагаемую по умолчанию легенду (Рис 9.2).

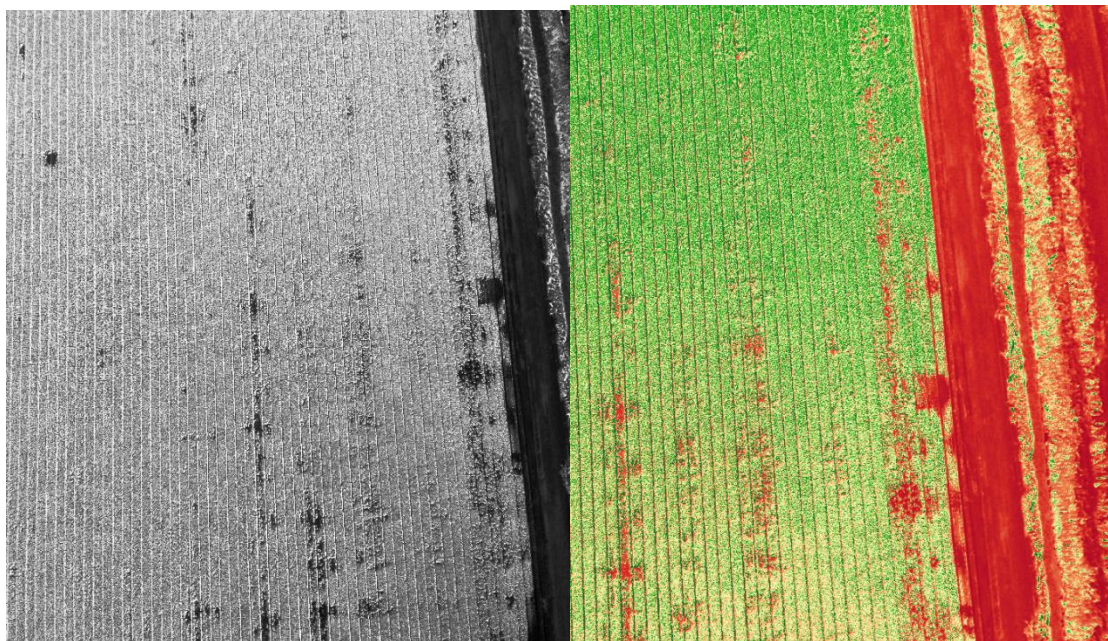


Рис 9.2 Построение вегетационного индекса NDVI средствами СПО для калибровки снимков

Обратите внимание, что на краях снимка может возникать ситуация, когда максимальные значения индекса рассчитываются между грядок, что является очевидным подтверждением того, факта что данному изображению необходима атмосферная коррекция.

2.Выполнение атмосферной коррекции с использованием изображения тест-объекта.

Откройте вкладку **Calibrate**. В диалоге калибровки выберите модель камеры **Survey3**, линзы **3.37 mm**, фильтр **RGN**.Выберите в качестве калибровочной цели изображение **2018_1101_100125_005.jpg**и папку, в которой располагаются набор фотографий, которым требуется калибровка (Рис 9.3).

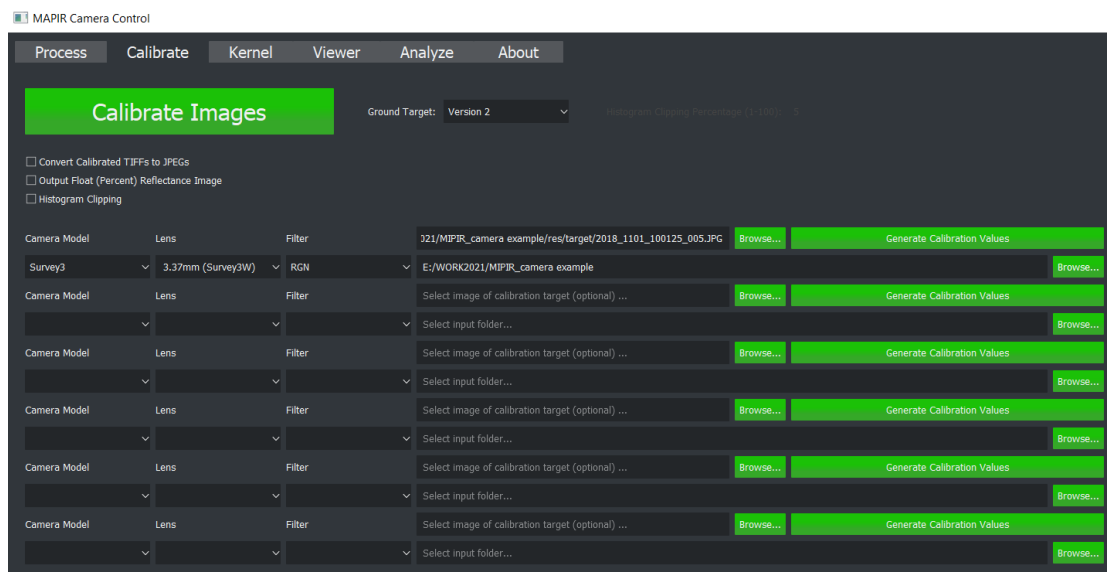


Рис 9.3. Настройка калибровки набора аэрофотосъемочных данных.

Запустите процесс. Откалиброванные изображения помещаются в специальную папку **Calibrated_1**. Эти изображения уже можно обрабатывать в современных ЦФС и получать адекватную продукцию.

3.Обработка откалиброванных данных в ЦФС и создание индексного изображения.

Загрузите полученные фото в проект **Agisoft Metashape** и выполните уже известные вам операции по его обработке. Создайте полноценный набор фотограмметрической продукции в виде плотного облака точек, цифровой модели местности, и ортофотоплана (9.4).

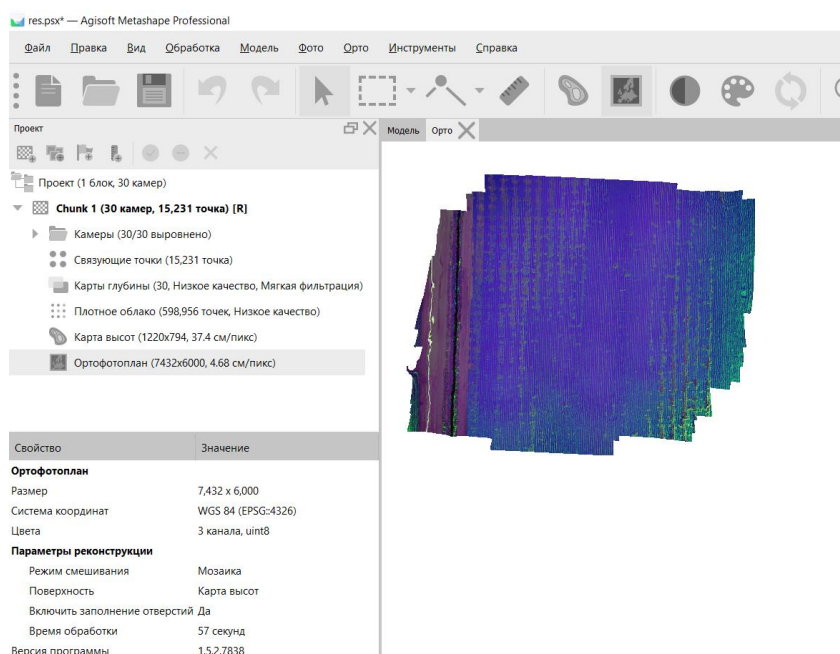


Рис 9.4 Обработанный в ЦФС проект для фрагмента поля сельскохозяйственного назначения.

3.Создание и презентация индексного изображения в ЦФС.

Откройте раздел меню **Инструменты** и выберите раздел **Преобразование растра**. В открывшемся окне перейдите на вкладку **Преобразование**. В разделе выходные каналы, используя калькулятор, введите выражение (Рис 9.5), соответствующее формуле вегетационного индекса $NDVI = NIR-RED/NIR+RED$.

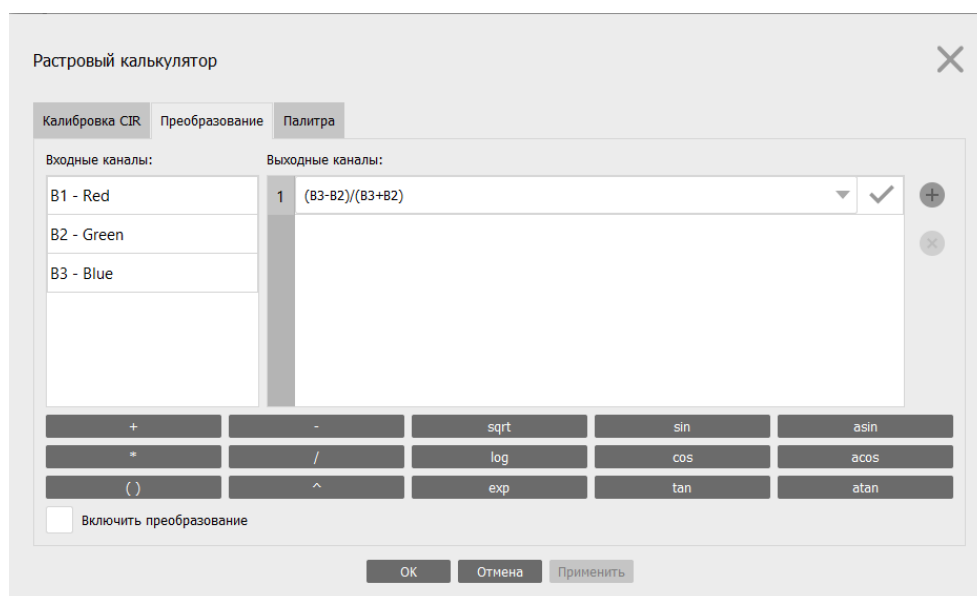


Рис 9.5 Создание формулы NDVI во встроенном калькуляторе растров Agisoft Metashape

Перейдите в раздел **Палитра** и выберите легенду отображения **NDVI**. Активируйте выполненные изменения. Полученный результат будет отображен в рабочем окне проекта (Рис 9.6).

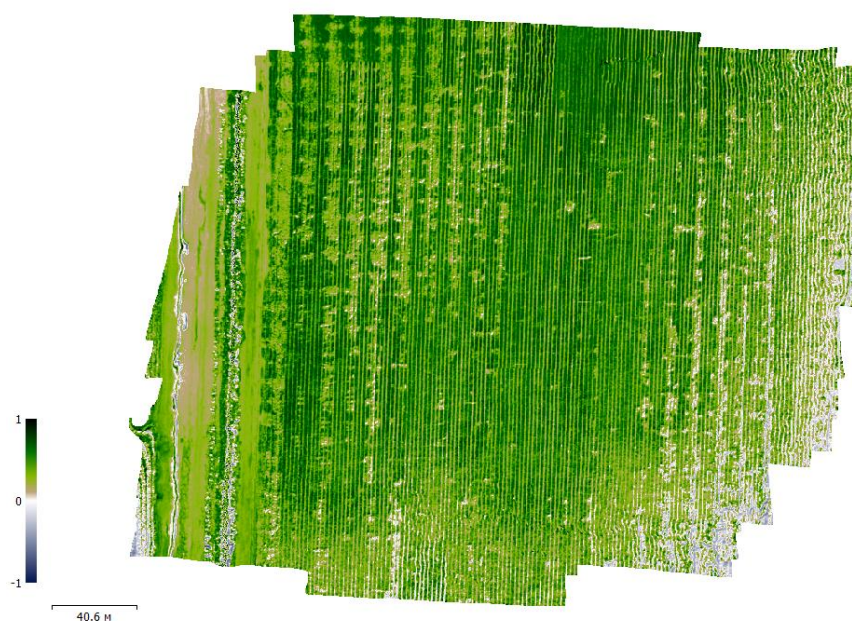


Рис 9.6 Настройка легенды отображения вегетационного индекса NDVI в ЦФС

NDVI коррелирует с общей растительной биомассой, и позволяет выявлять локации, в которых растительный покров нарушен. Это позволяет более грамотно и контекстно планировать мероприятия по уходу за культурами. Так же существует возможность оценивать потенциальный урожай с использованием NDVI, но для эффективной работы данных методик требуется соблюдение дополнительных факторов. Обратите внимание, что на полученном ортофотоплане отсутствуют аномалии, когда максимальные значения NDVI образуются в пространстве между грядок (Рис 9.7.).



Рис 9.7 Визуальный анализ полученного результата

Экспортируйте отчет об обработанном проекте и сохраните ортофотоплан в форматах **.tiff** и **.kml**

11. Контроль.

Практическое задание считается выполненным, если обучающийся по его завершению предоставит преподавателю на проверку отчет о фотограмметрической обработке проекта в ЦФС.

12. Самостоятельная работа.

В рамках самостоятельной работы обучающийся должен самостоятельно обработать набор данных по своему варианту и получить изображение вегетационного индекса NDVI.

Контрольные вопросы:

1. Дайте понятие термина «калибровочная мишень» применительно к аэрофотосъемке с использованием многозональных камер?
2. Какова роль атмосферной коррекции при обработке аэрофотосъемки и каких результатов позволяет добиться ее качественное выполнение?
3. Влияет ли атмосферная коррекция на качество получаемой цифровой модели местности в результате SfM-обработки набора аэрофотосъемочных данных?
4. Какая фотограмметрическая продукция, генерируемая в процессе обработки аэрофотосъемки в Agisoft Metashape вам известна?
5. Каким образом внешнюю мультиспектральную камеру можно смонтировать на беспилотный летательный аппарат?
6. Что такое «калькулятор растров» и какие результаты можно получать при его использовании?
7. Напишите формулу NDVI.
8. Какая фотограмметрическая продукция, генерируемая в ЦФС вам известна?
9. В каких форматах можно сохранить ортофотоплан, экспортируя его из проекта Agisoft Metashape?
10. С какими параметрами растительности коррелирует NDVI? Почему его применение для исследования сельскохозяйственных полей оправданно?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа раскрывает основы применения беспилотных авиационных систем для аэрофотосъемки, а также особенностей обработки полученных данных в фотограмметрическом программном обеспечении.

Не претендуя на всеобъемлемость авторы в рамках учебной программы соответствующих дисциплин для высших учебных заведений обозначили круг вопросов и пути их решения, используя практический опыт работы с беспилотными летательными аппаратами и понимая необходимость расширения стандартного подхода к аэрофотосъемке за счет применения современного программного обеспечения.

Современное состояние отрасли беспилотной авиации требует грамотного и квалифицированного подхода в применении программного обеспечения для планирования летного задания, цифровых фотограмметрических станций и географических информационных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булгаков С.В., Ковальчук А.К., Цветков В.Я., Шайтура С.В. Интегрированные геоинформационные системы - Москва, 2007.
2. Князева М.Д., Митрофанов Е.М., Чумаченко С.И., Шайтура С.В. Автоматизированная обработка аэрокосмической информации в пакете Erdas Imagine - Учебное пособие - Бургас, 2018.
3. Митрофанов Е.М., Князева М.Д., Шайтура С.В. Рабочие процессы геопространственных объектов на примере МАПИНФО - Учебное пособие / Бургас, 2020 - 99 с.
4. Михайлов А.П., Чибуничев А.Г. Фотограмметрия [Текст] /; под общей редакцией доктора технических наук, профессора А. Г. Чибуничева. - Москва : Изд-во МИИГАиК, 2016. – 292
5. Розенберг И.Н., Шайтура С.В., Макаров С.О., Зюкин Д.А., Белю Л.П., Илларионова Е.А. Кадастр недвижимости и мониторинг земель - Бургас, 2020.
6. Розенберг И.Н., Шайтура С.В., Прудкий А.С., Шайтура Н.С. Практическое применение космического мониторинга - Бургас, 2022., 188 с.
7. Розенберг И.Н., Шайтура С.В., Хабарова И.А. Применение геоинформационных технологий в сфере государственного кадастрового учета и в территориальном планировании. - Учебно-методическое пособие. - Бургас, Болгария, 2021.
8. Скрыпицына Т.Н., Макаров С.Б. Лабораторный практикум по дисциплинам «Наземная фотограмметрия» и «Основы архитектурной фотограмметрии», Методические указания. - М.: МИИГАиК, 2017. - 76 с.
9. Чумаченко С.И., Князева М.Д., Митрофанов Е.М., Шайтура С.В. Космический мониторинг - Учебное пособие - Бургас, 2017., 120 с.
10. Шайтура С.В., Медведев Ю.Н. Основы метрологического обеспечения геодезических и кадастровых работ - Бургас, 2023., 90 с.

11. Шайтура С.В., Розенберг И.Н., Винтова Т.А. Основы землеустройства - Учебное пособие / Бургас, Болгария, 2019., 75 с.
12. Шайтура С.В., Розенберг И.Н., Шайтура А.С., Макаров С.О. Оценка земли и недвижимости - Учебное пособие / Бургас, Болгария, 2018.
13. Шайтура С.В., Сумзина Л.В., Кочетков А.С., Кудров Ю.В. Конструкция объектов геоинформационного сервиса - Бургас, - 2017. - 305 с.
14. Шайтура С.В., Сумзина Л.В., Кочетков А.С., Кудров Ю.В. Теоретические основы рабочих процессов объектов геоинформационного сервиса- Бургас, - 2017. - 340 с.
15. Шайтура С.В., Шайтура Е.Н., Минитаева А.М., Кудров Ю.В., Зюкин Д.А. Геоинформационные сервисы в сфере туризма. - Монография / Бургас, 2021.
16. Шайтура С.В., Шайтура Н.С., Байгутлина И.А., Замятин П.А. Практические аспекты применения современных беспилотных летательных аппаратов - Бургас, 2022., 260 с.

Приложение 1. Характеристики БПЛА тренажера Eachine E58

Подробные характеристики

Характеристики

Тип мультикоптера ?	квадрокоптер (4 винта)
Защита винтов ?	есть
Встроенные датчики ?	датчик высоты
Бесколлекторный двигатель	нет
Профессиональная модель	есть

Управление полетом

Тип управления ?	Wi-Fi, радиоканал, пульт управления в комплекте
Возврат одним нажатием	есть
Headless mode ?	есть
Дальность управления ?	100 м (радиоканал)
Дальность трансляции видео или фото ?	30 м (Wi-Fi или Bluetooth)
Поддержка мобильных ОС ?	Android, iOS

Камера

Камера ?	встроена в корпус
Разрешение матрицы ?	2 МП
Вид от первого лица (FPV) ?	есть
Угол обзора камеры ?	120 °
Разрешение видеосъемки ?	720p

Питание

Аккумулятор ?	500 мА*час, 3.7 В
Максимальное время полета ?	9 мин
Время зарядки аккумулятора ?	70 мин
Тип питания пульта управления ?	батарейки

Размер и вес

Габариты, ДхШхВ	195x270x50 мм
Вес квадрокоптера	99 г
Комплектация	аккумулятор, запасные пропеллеры(2 шт), USB-зарядное устройство, инструкция, отвертка
Дополнительная информация	складная конструкция, размеры в сложенном виде: 125 x 50 x 75 мм; автоматический взлет/посадка; опционально: камера 0.3 Мпикс / 480p

Приложение 2. Пример Формы документов и условные обозначения, применяемые для оформления заявки на полеты (СХР)

Форма представления на установление Местного режима

От ../..20..г.

Начальнику Московского ЗЦ ЕС ОрВД

Исходящий №

Митрону И.Д.

Представление на установление МР на __ января 20__ г.

Прошу Вас установить МР для обеспечения безопасности полетов при выполнении полетов БВС в р-не н.п. Пруды, тип - «ДЛ», (борт №0012).

Время: 07.00-13.00 (UTC).

ГТ взлёт/посадка: 5712С04445В, Н(абс.)=0-670 м. (AMSL), R=500 м.

Зона: 5723N04443E 5709N04506E 5657N04425E 5719N04419E

5723N04443E, Нпол. (абс.)=570-670 м. (AMSL).

Ограничений для взлетов и посадок на аэродромах не устанавливается.

Границы района полётов, диапазон используемых высот даны с учётом максимальных отклонений от расчётных траекторий полёта и максимальной высоты рельефа местности.

Задание может быть прекращено органами ЕС ОрВД при обеспечении ВС в соответствии с п.114 ФП ИВП.

Полеты над НП не предусмотрены.

Цель: учебно-тренировочный полет.

Обеспечение полетов БВС, взаимодействие с органами ОВД осуществляет старший внешний пилот БВС (ФИО): _...

Представление разработал внешний пилот БВС (ФИО): ...__

Связь с:

- МЗЦ: 8 (495) 436-70-50;
- Москва РЦ: (495) 956-43-00, 956-43-02;
- внешним пилотом БВС (указывается номер вне. пилота).

ПРЕДСТАВЛЕННЫЙ ПЛАН ПОЛЕТА ВОЗДУШНОГО СУДНА (FPL)		
Срочность MR	Адресат	
Дата и время представления		
010119		
Отправитель		
Organization		
3 Тип сообщения	7 Оознавательный индекс воздушного судна	8 Правила полетов и тип полета
SHR	DJI № 0012	
9 Количество, тип воздушных судов, категория турбулентного следа	10 Оборудование и возможности	
BLA	N\N	
13 Аэродром и время вылета		
ZZZZ0700		
15 Маршрут		
M0057/M0067/ZONA 5723N04443E 5709N04506E 5657N04425E 5719N04419E 5723N04443E/		
16 Аэродром назначения и общее расчетное истекшее время до посадки, запасной(ые) аэродромы пункта назначения		
ZZZZ0600		
18 Прочая информация		
MR150 PRUDI EET/UWGG0001 DOF/190207 DEP/5712N04445E DEST/5712N04445E BLA DJI № 0012 OPR/Organization_UCHEBNO-TRENIROVOCHNIY POLET SVYAZI SO STARSHIM OPERATOROM IVANOV 89290107575RMK/NABOR H(ABS)=0-670 M R=500 M V ZONE H(ABS)=570-670 M		

Условные обозначения, применяемые для оформления заявки на полёты (СХР)

Заполняется согласно табеля сообщений о движении воздушных судов в РФ» (БВС – гл. IV.) Утвержденным приказом МТ РФ от 23.05.2013

SHR-вид сообщения для управляемых аэростатов, шаров – зондов и БПЛА;

00012- бортовой № БВС (позывной и № заявки);

ZZZZ - взлёт с необозначенной площадки;

0600 - время взлёта по UTC;

M0075/M0080 - диапазон высоты полёта относительно уровня моря (абсолютная высота);

4413N04259E 4406N04307E 4413N04259E - координаты поворотных пунктов (градусы, минуты); для Новосибирска-дополнительно секунды.

ZZZZ - посадка на необозначенную площадку;
0800 - время лётной смены (не время посадки);
REG/00012 - регистрационный №, (бортовой № BLA, позывной и № заявки);
DEP/DEST - координаты взлёта/посадки;
EET - буквенный индекс района полётов (URMM - индекс АП Минеральные Воды);
OPR/FINKO - отправитель;
RMK/БЕЗ СРО - БПЛА не имеет самолётного радиопередатчика (нет системы опознавания «свой - чужой»);
MR№... - № местного режима. Присваивается в зональном центре за сутки до начала полётов, (№ временного режима присваивается за 4 суток в главном центре в отделе режимов);
ВОРОНОВО – район полётов;
ТУР/BLA – тип: беспилотный летательный аппарат;
Н ПОЛ.(ИСТ.) – истинная высота полёта (барометрическая высота относительно точки старта);
ШИРИНА МАРШРУТА 2 КМ ПО 1 КМ ОТ ОСИ МАРШРУТА – характеристика ширины маршрута;
ГТ ВЗЛ/ПОС 4413C04259В Н(ИСТ.)=0-250М R=500 М – точка: взлёт/набор высоты/снижение/посадка, радиус спирали при наборе высоты/снижении;
ЦЕЛЬ: УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ПОЛЁТЫ – цель полётов;
ОПЕРАТОР: ТИТОВ 8 XXX XXX XX XX: фамилия и телефон оператора;
DOF/160515 – дата полётов: 16 – год, 05 – месяц, 15 - число.

Приложение 3. Таблица протоколов полетов

Таблица 2. Протоколы полетов

Номер полета	1	2	3
Дата полета	06.10.18	06.10.18	06.10.18
Средняя высота фотографирования	H= 395 м	265	130
Время старта	15-00	15-00	15-00
Время приземления	15-30	15-30	15-30
Режим полета	Auto	Auto	Auto
Среднее разрешение снимков (см/пиксел)	395 м – 7.5 см/пиксел	265 м 5.0 см/пиксел	130 м 2.5 см/пиксел
Погодные условия (освещенность, сила и направление ветра на земле и в воздухе, температура, влажность)	Ясно 10 000м, ветер у земли 2-3 м/с, высоте 4-6 м/с, t= 15 °С, влажность 70 -80%,	-	-
Высота облачности	Отсутствует	-	-
Дополнительная полезная нагрузка	Отсутствует	-	-
ГНСС станции, синхронизация	Не применима	-	-
Предполетная проверка комплекса	Пройдена успешно, 15-20 мин	-	-
Проверка выполнения полетного задания	Штатно	-	-
Базовая станции №, абсолютная высота и высота инструмента, время включения и выключения приемника	UBloxNEO-M8PRTK Используются самопривязанные координаты базовой станции для уточнения координат измерений бортового приёмника. Координаты (самопривязанные) базовой станции (WGS84) 54.8321873230998 37.4138104230405		

	167.907871095464		
Базовая станции №, абсолютная высота и высота инструмента, время включения и выключения приемника	Не проведены измерения точки расположения базовой станции		
Контроль фотографического качества материалов	ПО Adobe Lightroom ПО Agisoft Metaphase Pro	-	-
Обработка данных телеметрии для получения высокоточных центров фотографирования	Mission Planner	-	-

От компании «Съемка с воздуха»:
Липин И.Н.

Е.М. Митрофанов, Н.С. Шайтура, А.В. Залецкий,
И.Н. Липин, С.А. Серебряков

Основы применения беспилотных аэрофотосъемочных систем

Учебно-методическое пособие

Подписано в печать 3.05.2023

Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 15.13., уч.-изд. л. 6,21 Печать цифровая.

Заказ № 202234.

Тираж 900.

ООО «Институт гуманитарных наук,
экономики и информационных технологий»
ул. Ангела Димитрова, д. 88, г. Бургас, Болгария, ПК 8000,
+7 (929) 646-56-71, swshaytura@gmail.com