и поверхности грунта; отображать оперативную информацию о работе системы электрооборудования и навесного оборудования на мониторе кабины оператора.

Помимо выполнения технологических операций при возделывании плодово-ягодных культур, роботизированные машины востребованы и для мониторинга состояния растений и выявления вредителей и болезней в закрытом и открытом грунте, а также выполнения работ в селекции и семеноводстве. Поэтому переход от традиционных технологий к высокотехнологической системе сегодня стал возможным благодаря контролю и полному технологическому циклу производства продукции, путем применения умных устройств: робототехнических систем, датчиков, беспилотных летательных аппаратов, систем точного земледелия и других интеллектуальных разработок [8].

Как показывает опыт ведения садоводства в зарубежных странах, а также передовых отечественных производителей фруктов и ягод, в современных условиях увеличение объемов производства продукции садоводства в значительной степени зависит от использования интенсивных технологий.

Важным приоритетом, позволяющим получать высококачественную плодово-ягодную продукцию в необходимых объемах с минимальными материальными затратами, является повышение уровня механизации и автоматизации производственных процессов в садоводстве (раскорчевка сада, подготовка почвы, закладка маточника и сада, посадка многолетних насаждений, уход за насаждениями в молодом и плодоносящем возрасте, уборка урожая и др.).

Использованные источники:

1. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А. Меры и инструменты поддержки развития питомниководства и садоводства // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 9 (267). – С. 41-47.
2. Хорт Д.О. Эффективное управление агротехнологиями как основа экологически безопасного промышленного ягодоводства // Техника и оборудование для села. – 2010. – №11. – С. 24-25.
3. Fedorov A.D., Kondratieva O.V., Slinko O.V. Process of digital transformation of agrarian economy / В сборнике: Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). 2020. – С. 164-169.
4. Kondratieva O.V., Fedorov A.D., Fedorenko V.F., Slinko O.V. Using digital technologies in horticulture / В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science". 2021. С. 032033. doi:10.1088/1755-1315/723/3/032033
5. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Кадыкало Г.И. Инновационные технологии выращивания посадочного материала плодово-ягодных культур // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 11 (281). – С. 29-31.
6. Измайлов А.Ю., Смирнов И.Г., Лобачевский Я.П., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Роботы для современных машинных технологий в растениеводстве // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: материалы науч. техн. конф. – М.: ВИМ, 2015. – Ч.2. – С. 128-132.
7. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А., Воробьев В.Ф. Эффективность использования интенсивных технологий в садоводстве // Техника и оборудование для села. 2020. – № 12 (282). – С. 44-46.
8. Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинько О.В. Состояние и перспективы цифровизации сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 9. – С. 43-48.

УДК 631.816.3:681.3.06

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-358-363

*Курбанов Р.К., Фокин А.М.,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва*

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДПОЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В статье рассмотрена научно-практическая технология предполетной подготовки беспилотного воздушного судна на примере DJI Inspire 1 для выполнения высокотелитизированной съемки, безопасной эксплуатации и сбора достоверных данных о состоянии сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: Беспилотное воздушное судно (БВС), дрон, DJI Inspire 1, оптимальная настройка дрона, калибровка компаса, калибровка камеры.

В настоящее время в условиях развития цифровых технологий, спрос на управление беспилотными воздушными судами (БВС) возрос, особенно, это заметно в сельском хозяйстве. Преимуществами БВС являются выполнение съемки с небольших высот, рентабельность, получение снимков высокого разрешения. Для того, чтобы провести качественную и высокодетализированную съемку с БВС, необходимо выполнить предполетную подготовку дрона. Рассмотрим это на примере DJI Inspire 1 [1].

Правильная подготовка дрона – это соблюдение конкретных правил для гарантии безопасности полета и получения достоверных данных о состоянии сельскохозяйственных культур, процесс подготовки БВС в целом состоит из нескольких этапов:

В начале необходимо, как следует изучить местность в одном из таких сервисов, как DJI GEO, AirMap, либо PilotHub и ознакомиться с местами и объектами поблизости. Полеты не должны осуществляться в запретных зонах, в полях, которые расположены вблизи аэропорта. Линии электропередач (ЛЭП), размещенные вблизи зоны полетов, способны вызвать электромагнитные помехи. Нужно оценить высоту древесных насаждений на полях сельскохозяйственных угодий для выбора оптимальной высоты. Далее необходимо создать полетное задание в программе DroneDeploy или же в программе Pix4DCapture. Удостовериться, что в выбранной траектории полета отсутствуют вышки, задать высоту полета, установить необходимое перекрытие, оценить какое количество аккумуляторных батарей понадобится для выполнения заданной миссии [2].

Рисунок 1. Карта местности

На втором этапе потребуется осуществить проверку БВС. При визуальном осмотре не должно быть сколов, трещин и других механических повреждений. Перед эксплуатацией необходимо убедиться, что лопасти, крепления пропеллеров, рама, подвес, мультиспектральная камера и сенсор освещения, micro-sd карты, провода и разъемы находятся в исправном состоянии. Желательно при себе иметь запасные карты памяти и провода для подключения к мобильному устройству. Такая проверка DJI Inspire 1 выполняется перед каждой съемкой.

Рисунок 2. Общий вид DJI Inspire 1

На третьем этапе следует проверить уровень заряда аккумуляторной батареи, т. к. это критически важный показатель для безопасного полета. Аккумуляторные батареи дорогой элемент в конструкции БВС и при каждом полете необходимо максимально эффективно использовать заряд. Для увеличения ресурсов работы аккумуляторной батареи, лучше не разряжать его ниже 20 %. Все аккумуляторные батареи дрона, пульта дистанционного управления и мобильного устройства следует зарядить на 100 % перед использованием. Если съемка будет проводиться при температурах близких к нулю или к отрицательным температурам, аккумуляторные батареи, нужно хранить в тепле [2].

На четвертом этапе необходимо перейти в приложение DJI Go. Для этого с включенным БВС осуществляется проверка на наличие обновлений ПО и проводится настройка основных параметров управления дроном. Такие настройки обеспечивают безопасный полет и качественный сбор данных на сельскохозяйственных угодьях (таблица 1).

Таблица 1

Интерфейс и рекомендуемые значения основных параметров управления БВС

Интерфейс	Рекомендуемые значения
Distance limit	«turn off»
Maximum Flight Altitude	От 70-100 м на с/х угодьях
Return to home altitud	От 70 м.
RC MODE settings	Mode2
RC signal lost	«Return to home»
Low battery warning	не менее 30 %

Distance limit – рекомендуется выбрать значение «turn off».

Maximum Flight Altitude – подбирается индивидуально в зависимости от высотных объектов на полях. Разрешенная максимальная высота пилотирования БВС в Российской Федерации – не выше 150 метров.

Return to home altitude – рекомендуется выбрать 70 метров либо выше. Значение можно будет изменить впоследствии при планировании миссии в других приложениях.

RC signal lost – действие дрона при потере сигнала между пультом и дроном. Рекомендуется «Return to home» для возврата дрона в точку взлета.

Low battery warning – рекомендуемое значение – не менее 30 %. Если площадь, где проводится мониторинг масштабная, следует увеличить это значение до 40 %. Чтобы спрогнозировать выход из строя аккумуляторной батареи, также следует следить за зарядом во время выполнения миссии [4].

На пятом этапе необходима калибровка компаса каждый раз после смены геолокации. Калибровка компаса предоставляет возможность откалиброваться по местным линиям магнитного поля. Во время калибровки акселерометр и компас дважды поворачиваются по двум разным осям. Далее БВС производит коррекцию по показаниям каждого сенсора. Правильная калибровка представляет собой выполнения следующих действий:

-калибровка компаса проводится непосредственно перед полетом на открытой местности. Перед калибровкой компаса, нужно убрать все металлические предметы из карманов, т. к. создаются сильные магнитные помехи. В помещении калибровка бессмысленна;

- необходимо снять фиксатор подвеса;

- включить дрон и пульт дистанционного управления и подключить мобильное устройство.

Для того, чтобы переключить БВС в режим калибровки компаса, необходимо выбрать один из двух методов:

А) В приложении DJI Go нажмите на Ready to Go/ Aircraft status / Compass / Calibrate compass / ОК. (Во время калибровки переключатель должен быть в положении Р).

Б) Слева на пульте быстро переместить переключатель в положения S, затем Р не менее четырех раз.

Рисунок 2. Выполнение переключения

Удостовериться, что задние светодиоды БВС горят непрерывно желтым светом.

Следует повесить пульт с помощью ремешка на шею, и взять дрон обеими руками за лучи.

Повернуть в левую сторону (против часовой стрелки) на 380 градусов (чуть больше, чем один полный оборот). Прерваться, когда задние диоды поменяют свет с непрерывно желтого на непрерывно зеленый (рисунок 3 а)

Рисунок 3. Калибровка компаса: а) в поперечной оси б) в продольной оси

Повернув его на 90 градусов по продольной оси, поменять ориентацию дрона.

Против часовой стрелки на 380 градусов, следует повернуть БВС (чуть больше, чем 1 полный оборот). Остановиться, когда задние диоды поменяют свет с непрерывно зеленого на мигающий зеленый (рисунок 3 б)

Если для включения режима калибровки использовался способ А, установите переключатель режима полета в положение Р (центральное). Калибровка компаса завершена.

Калибровка IMU (Инерционное измерительное устройство) проводится крайне редко и при необходимости. IMU содержит в себе трехосевой акселерометр, трехосевой гироскоп и барометрический альтиметр, которые работают сообща, чтобы точно удерживать дрон в его текущем положении во время полета. Калибровать IMU следует после: падения, столкновения, перепада температур в зависимости от условий окружающей среды. Для калибровки IMU необходимо:

- снять винты электромоторов;
- снять фиксатор подвеса и включить БВС вместе с пультом дистанционного управления;
- в полетном меню нажать на MC setting / Advanced setting / Sensors state/ IMU Calibration/

ОК;

- калибровка осуществляется вдали от источников радио- и магнитных помех, железа;
- при калибровке нужно БВС поставить на ровную поверхность и не трогать его до окончания процедуры.

Для того чтобы начать использовать камеру, следует откалибровать фокусное расстояние камеры DJI Inspire 1 и выбрать необходимые настройки изображения. Для получения достоверных данных, необходимо установить следующие параметры [5].

Сначала необходимо выбрать оптимальную высоту дрона, при которой будет проводиться мониторинг сельскохозяйственных угодий. Ее значение зависит от множества факторов: необходимо разрешение ортофотоплана и вегетационных карт, высота препятствий, особенности рельефа и т. д. Общепринятая высота варьируется от 60 до 120 метров. Далее поднять БВС на эту рабочую высоту, и установить камеру в нади́р, вертикально вниз под 90 градусов.

Выбрать формат кадра 3:2. Такой формат позволит использовать всю площадь матрицы камеры. Проверить, что другие параметры в данном меню установлены по умолчанию [6].

Удостовериться, что метод фокусировки принял значение AF. Нажать на центр экрана, чтобы камера сфокусировалась на поверхность. После изменить значение метода фокусировки на MF – появится шкала ручной регулировки фокуса.

Для того, чтобы настроить камеру, нужно выставить по умолчанию все параметры. В таком случае яркость и сглаживание изображения будут меняться во время полета. Это усложняет аэрофототриангуляционную обработку изображений: контрольные точки на разных снимках будут разными. Приведенные в таблице 2 рекомендованные настройки камеры для проведения мониторинга, обеспечивают наилучшее качество съемки (таблица 2).

Таблица 2

Параметры и рекомендуемые значения калибровки и настройки камеры

Параметры	Рекомендуемые значения
ISO	от 100 до 200
Aperture	от 2,8 до 4
Shutter	от 1/640 до 1/320

ISO: от 100 до 200. ISO регулирует количество света, которое пропускает камера, и оказывает значительное влияние на темные или светлые области на фотографиях. Настройка позволяет сделать сенсор более или менее чувствительным к свету. ISO 100 используется в яркую солнечную погоду, 200 – в облачную.

Aperture: от 2,8 до 4. Aperture позволяет настроить отношение фокусного расстояния системы к диаметру входного отверстия камеры. Более высокие значения уменьшают поток света, и изображение будет темнее.

Shutter: от 1/640 до 1/320 (from 1/640 to 1/320). Более высокие значения увеличивают размытие, более низкие – уменьшают количество пропускаемого света, вследствие чего изображения будут более темными и обесцвеченными.

После выполнения этих этапов DJI Inspire 1 готов к эксплуатации и выполнению заданной миссии. Соблюдение этих этапов позволит провести качественный мониторинг сельскохозяйственных угодий.

Выводы.

Рассмотрено применение в сельском хозяйстве беспилотных воздушных судов (БВС), существенными преимуществами которых для оценки состояния сельскохозяйственных растений являются выполнение съемки с небольших высот, рентабельность, получение снимков высокого разрешения.

Обоснованы и сформированы этапы практической предполетной подготовки дрона для проведения качественной и высокодетализированной съемки, включающие соблюдение конкретных правил для гарантии безопасности полета и получения достоверных данных о состоянии сельскохозяйственных культур.

Основные этапы: изучения местности; проверки состояния БВС; оценки уровня заряда аккумуляторной батареи; настройки основных параметров управления дроном; калибровки компаса; калибровка фокусного расстояния камеры DJI Inspire 1 и выбор необходимых настроек изображения.

Тщательное выполнение правил этих этапов обеспечивает готовность дрона DJI Inspire 1 к эксплуатации и выполнению заданной миссии – проведению качественного мониторинга сельскохозяйственных угодий.

Использованные источники:

1. Курбанов Р.К., Захарова О.М. Рекомендации по предполетной подготовке БПЛА // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – Т. 67. – № 1(38). – С. 93-98.
2. Шарова М.Д., БПЛА – доступные технологии // Инновационные технологии научного развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: ООО «Аэтерна», 2015. – С. 104-106.
3. Белов А.И. Управление группой БПЛА и их применение // Гагаринские чтения – 2018. – М.:Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – 2018. – С. 49-50.
4. Личман Г.И., Коротченя В.М., Смирнов И.Г., Курбанов Р.К. Концепция точного земледелия на основе понятий идеального поля и цифрового двойника // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – № 67(3). – С. 81-86.
5. Курбанов Р.К., Захарова О.М. Рекомендации по предполетной подготовке БПЛА // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. – Т. 67. – № 1(38). – С. 93-98.
6. Mogili U.R., Deepak B.B.V.L. Review on application of drone systems in precision agriculture. Procedia Computer Science. 2018. N133. pp. 502–509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.063>

УДК 631. 171

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-363-365

*Чекусов М.С., Кем А.А., Шмидт А.Н.,
ФГБНУ «Омский АНЦ»*

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА В ЦИФРОВОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В статье рассматривается использования цифровых технологий в сельском хозяйстве России. Приводится актуальность использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве нашей страны. На примере ФГБНУ «Омского АНЦ» представлены результаты использования БПЛА DJI Mavic Air 2.

Ключевые слова: цифровые технологии, беспилотный летательный аппарат, фотосъемка, оценка, качество, посевная площадь.

На сегодняшний день агропромышленный комплекс страны работает по тем же принципам, что и любой бизнес. Руководители хозяйств стремятся снизить себестоимость продукции повышением производительности. Для достижения этих целей используется классический инструментарий: энергоемкие сельскохозяйственные машины, высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных культур, средства химизации и оптимальные ресурсосберегающие агротехнические приемы. Потенциал такого рода ведения сельского хозяйства практически достиг своего предела. Появляются новые пути решения – цифровизация агробизнеса. Проникновение и использование цифровых технологий в сельское хозяйство России идет медленнее относительно развитых стран. В среднем на 1000 работников АПК приходится около 5 IT-специалистов, но спутниковые и компьютерные технологии уже стали общедоступными. По данным Аналитического центра Минсельхоза России внедрение только лишь технологий цифровой экономики при комплексном подходе позволит получить экономический эффект и снижение затрат около 23 % [1, 2].

Цифровая трансформация экономики привела к возможности дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), что позволило в кратчайшие сроки производить сбор, хранение, обработку и передачу пространственных данных. К дистанционному зондированию земли относятся все виды неконтактных съемок при помощи специальной съемочной аппаратуры, установленной на летательных аппаратах, станциях и т. д.

Актуальность использования беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве нашей страны объясняется огромной территорией, мониторинг больших посевных площадей является не всегда посильной задачей для аграриев. Кроме этого, применение БПЛА служит рычагом для поворота на путь становления цифрового ведения агробизнеса России. Беспилотные летательные аппараты позволяют сделать первый шаг к введению точного земледелия, могут оснащаться не только различными датчиками и камерами с высокой четкостью