

3. Finn, R.L., & Wright, D. (2012). Privacy, data protection and ethics for civil drone practice: A survey of industry, regulators and civil society organisations. *Computer Law & Security Review*, 28(4), 433-443.

УДК 681.783;528.7

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Е.А. ПРУС, Л.А. МИЦЕВИЧ, С.А. ЗАБАГОНСКИЙ
Государственное предприятие «Белгеодезия»
Минск, Беларусь

В настоящее время проблемы быстро развивающегося рынка малой авиации, дистанционно пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов (далее - БЛА), использования их как транспорта и обеспечения безопасности на земле и в воздухе при взлете, посадке, движении и в местах стоянок требуют комплексных решений и взаимодействия со многими структурами государственного управления. Необходимо одновременно учитывать географические, административные, социальные и экологические факторы, связанные с повышенной аэромобильностью полетов БЛА в условиях городской среды.

Одной из главнейших задач в пилотируемой и беспилотной авиации является наличие точной информации о местоположении судна в воздушном пространстве при осуществлении взлета и посадки, в процессе движения и маневрирования. К сожалению, авиационные происшествия и катастрофы вертолетов, автожиров и других винтовых летательных аппаратов при столкновении с препятствиями на земле и в воздухе нередки. Одной из частых причин является опасное сближение с линиями электропередач. Такие препятствия должны быть маркированы либо нанесены на карту маршрута воздушного судна с указанием высоты относительно земли.

Стоит отметить, что в пилотируемой авиации этот вопрос все-таки контролируется человеком, который находится на борту и может повлиять на характеристики полета по ситуации или информации, которую он получил от диспетчера. В беспилотной авиации это задача оператора, который получает информацию с приборов БЛА.

Чаще всего в гражданской авиации при производстве работ специального назначения применяют БЛА с предустановленным спутниковым геодезическим приемником на борту. Такой модуль позволяет получить автономное решение расположения борта в пространстве с высокой точностью (10 и более метров).

Для повышения точности расположения БЛА в пространстве гораздо удобнее использовать сети постоянно действующих геодезических пунктов государства. В Республике Беларусь на протяжении нескольких лет успешно функционирует сеть постоянно действующих геодезических пунктов Спутниковой системы точного позиционирования Республики Беларусь (далее – ССТП Республики Беларусь), национальным оператором которой является государственное предприятие «Белгеодезия». На практике доказано – применение информации ССТП Республики Беларусь значительно экономит время и материальные ресурсы на производство инженерных работ.

Однако стоит отметить вопрос каналов связи и процессы передачи информации. Сегодня в конструкцию большинства БЛА, реализуемых для инженерных работ, встроен только спутниковый геодезический приемник. Поправки от ССТП Республики Беларусь поступают через GSM-модем, который установлен в пульт, и передаются через радиосвязь на борт БЛА. Конечно, такая конструкция позволяет минимизировать размеры и вес борта, но увеличивает риски. Под рисками подразумевается вероятность потери связи из-за наличия радиопомех в мелких и крупных городах, а также большого количества препятствий. Следовательно, растет вероятность небезопасных полетов в городской черте. Для уменьшения рисков при решении промышленных задач достаточно часто возникает необходимость проходить один и тот же маршрут дважды и более.

Для повышения точности определения пространственных координат беспилотных воздушных судов предлагается перенять опыт технологического обеспечения наземных и надводных беспилотных аппаратов. В конструкции таких аппаратов GNSS-приемник и GSM- модем встроены, маршрут и задание на них передается по 4G сети, технологии Wi-Fi, сетевым мостам 5G и кабельным интерфейсам. Таким образом, появляется возможность передачи и получения информации с исключением одного из каналов связи, а также исключение риска потери соединения. Оптимальным соединением на данный момент в Республике Беларусь является 4G соединение.

За счет такой схемы передачи информации борт БЛА автономно получает поправки от ССТП Республики Беларусь, а оператор, ответственный за маршрут, также соединяется с воздушным судном по сети

интернет. Одновременно с этим, БЛА более точно позиционирует себя в воздушном пространстве и сокращает буферную зону (коридор), выделенную для осуществления маршрута.

При заданном эшелоне для БЛА до 100 метров увеличение точности соблюдения маршрута с 10 метров до 0,4 метров открывает большие возможности для реализации на практике различных производственных и гражданских задач: мониторинг сооружений электросетей и коммуникаций, геодезические и картографические работы, надзор за эксплуатацией зданий, доставка малогабаритных грузов и аэротакси.

В то же время появляется необходимость обеспечения контроля работоспособности и подтверждения заявленных точностных характеристик предустановленного GNSS оборудования на борту. Этот процесс может быть проведен в процессе прохождения метрологического контроля БЛА в аккредитованных лабораториях.

С целью определения и подтверждения точностных характеристик БЛА предлагается использовать аттестованный эталонный геопространственный полигон. Принцип действия полигона основан на передаче размера единицы длины полигона рабочим средствам измерений и сравнении полученных результатов с эталонными значениями соответствующих значений полигона. Он включает в себя сеть геодезических пунктов, закрепленных на местности центрами долговременной сохранности.

Оценка точности определения координат должна осуществляться после проведения аэрофотосъемки на территории полигона с применением поправок от ССТП Республики Беларусь и после проведения обработки данных, полученных в результате аэрофотосъёмки БЛА в установленной системе координат с использованием программ обработки аэрофотосъёмки фирмы-изготовителя.

В результате обработки рассчитываются координаты контрольных точек тестового полигона, полученные из материалов аэрофотосъемки контролируемого БЛА. Рассчитанные координаты сравниваются с действительными эталонными данными для вычисления средней квадратической погрешности определения точек земной поверхности. По результатам вычислений устанавливается степень пригодности БЛА для выполнения специализированных работ.

Таким образом, при своевременном контроле работоспособности и точностных характеристик БЛА и применением информации от ССТП Республики Беларусь при выполнении работ различного назначения появляется возможность обеспечивать безопасность полетов, получить информацию о нахождении судна в воздушном пространстве и улучшить конечный результат аэрофотосъемочных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. О геодезической и картографической деятельности [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 13 декабря 2021 г. №132- З; принят Палатой представителей 09 ноября 2021 г.: одобр. Советом Респ. 29 ноября 2021 г // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.
2. Об утверждении Положения о Единой системе навигационно-временного обеспечения Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Постановление Совета Мин. Респ. Беларусь 15 мая 2012 г. № 440// ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024
3. Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментоведение: Учебник для вузов / Х.К. Ямбаев – Москва: Академический Проект, 2020. – 583 с.
4. Карауш Е.А., Печерица Д.С. Государственный первичный эталон координат местоположения ГЭТ 218-2022: исследование метрологических характеристик / Е.А. Карауш, Д.С. Печерица – Измерительная техника, 2022-№11. – 3-8 с.

УДК 621.3.04

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПЕЧАТНЫМ СТАТОРОМ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**А.П. БУЙВИД, А.А. РАДКЕВИЧ, С.А. ПАВЛЮКОВЕЦ,
А.А. ВЕЛЬЧЕНКО**

**Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь**

В настоящее время благодаря новейшим разработкам компонентов для электрических приводов, аккумуляторов, электрооборудования и систем управления, росту мощности электродвигателей, возможность применения электрического привода в летательных аппаратах становится все более реальной. Энергетическая эффективность и удельная мощность играют ключевую роль в определении того, является ли электрический привод подходящим вариантом для применения в авиации.

Вентильный двигатель с печатным статором без сердечника и без зубцов статора обладает такими преимуществами, как высокая плотность мощности и крутящего момента, отсутствие крутящего момента