

НАВИГАЦИОННО-ПИЛОТАЖНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АЭРОСЪЕМОЧНЫХ РАБОТ

О.С. Сальчев (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

В 1976 г. окончил приборостроительный факультет МГТУ им. Н.Э. Баумана по специальности «системы автоматического управления». После окончания института работал научным сотрудником кафедры «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации» МГТУ им. Н.Э. Баумана. С 1987 г. по настоящее время профессор этой кафедры, руководитель специализации «Инерциальная навигация», профессор кафедры Geomatic Engineering университета Калгари (Канада). Разработчик теории комплексирования ИНС/GPS-систем. Руководитель проектов: гравиметрический комплекс авиационного базирования, передвижной навигационно-геодезический комплекс, высокоточная ИНС наземного базирования.

В.В. Воронов (ООО «Текнол»)

В 1986 г. окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана по специальности «приборы и системы навигации, ориентации и стабилизации». Участвовал в разработках: инерциальная обзорно-геодезическая система, наземный навигационно-геодезический комплекс, авиационный гравиметрический комплекс, ИНС/GPS интегрированная система. В настоящее время — ведущий научный сотрудник ООО «Текнол».

С 1994 г. по 2001 г. авторы принимали участие в проекте, организованном кафедрой Geomatics Engineering университета Калгари (Канада) и компанией Newmont Mining Corp. (США). Проект включал проведение геофизической съемки с борта самолета над нефтяными полями провинции Альберта (Канада) и над районами залегания золотоносных пород на севере штата Невада (США).

Аэрогеофизическая съемка является дорогостоящим способом разведки полезных ископаемых, но компании, несмотря на серьезные расходы по организации и проведению съемки, идут на это, так как аэросъемке нет альтернативы по эффективности и производительности. Основными видами съемки являются магнитометрическая и гравиметрическая, по результатам которых создаются геофизические карты.

Технология аэрогеофизической съемки включает облет района по параллельным базовым линиям с интервалом от 1 км при гравитационной съемке и до

50 м при магнитометрической. Затем облет проводится в перпендикулярном направлении (связующие линии). Таким образом, траектории полетов образуют сетку (рис. 1). В зависимости от удаленности от аэродрома и возможностей летательного аппарата (ЛА) полет длится от двух до четырех часов.

Во время съемки пространственные координаты самолета, а следовательно и каждого измерения, должны определяться с достаточно высокой точностью. В данном проекте они определялись с помощью приемника GPS, имевшегося на самолете, в дифференциальном режиме относительно базовой станции, установленной на земле в районе съемки. Точность определения пространственных координат составляла до 1 м. После полета результаты измерений обрабатывались, и по ним строилась карта гравитационных аномалий.

Следует отметить, что качество получаемых геофизических данных во многом определяется мастерством пилота и условиями

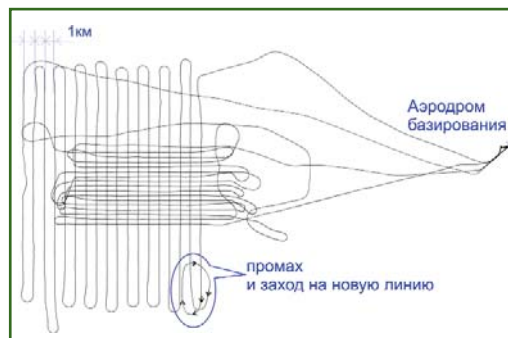


Рис. 1
Сетка линий аэрогеофизической съемки

полета: наличием порывов ветра, воздушных ям, неточностью следования заданной траектории полета и др.

При съемке пилоту приходится решать ряд задач, в числе которых:

- точный заход на линию, иногда в условиях ограниченного пространства для маневрирования (доруливание над зоной съемки недопустимо — это прямая потеря данных);

- удержание ЛА на заданном курсе при воздействии бокового ветра (при аэромагнитной съемке требуется еще и стабилизация ЛА по углам крена и тангажа в

пределах допустимых значений);

— контроль путевой скорости ЛА на грани скорости «сваливания», так как для получения более «плотной сетки данных» приходится выполнять пилотирование при минимальной скорости ЛА;

— контроль высоты полета, причем при гравиметрической съемке требуется строго горизонтальный полет по геодезической высоте, а при магнитометрической — самолет должен следовать рельефу местности, выдерживая, по возможности, постоянную высоту над поверхностью (для этого самолет оснащается лазерным или радиовысотомером).

Отсюда видно, что пилотирование при выполнении аэрогеофизической съемки принципиально отличается от полета из точки в точку. Даже специально обученный пилот на ЛА, оснащенном стандартным набором цифро-шкальных приборов и единственным навигационным средством в виде приемника GPS, закрепленного на штурвале самолета, не застрахован от ошибок пилотирования при проведении съемки.

В последнее время ряд зарубежных производителей авиационной техники оснащают самолеты электронными системами с жидкокристаллическими дисплеями, на которых отображаются подвижная карта и пилотажная информация. Безусловно, эти системы придают ка-

бине современный вид, но по сути остаются простыми индикаторами положения самолета.

С нашей точки зрения, для выполнения аэрогеофизической съемки пилоту требуется специальное оборудование, которое не просто объединяло бы функции навигационной системы и пилотажных приборов, но и обладало свойствами прогнозирования движения ЛА, могло подсказывать пилоту правильные действия для достижения желаемых параметров полета.

Таким средством может быть автономное пилотажно-навигационное средство (ПНС-А), выпускаемое с 2004 г. компанией «ТеКнол». Оно представляет собой электронную систему определения и индикации навигационной информации и параметров движения летательного аппарата. В состав ПНС-А входит малогабаритная интегрированная навигационная система «Компанав-2», приемник GPS и персональный компьютер планшетного типа Panasonic CF-18 (рис. 2).

Данная система уже успешно применяется в качестве привносимого оборудования, обеспечивая независимо от штатных приборов выполнение сложных маршрутных полетов на самолетах и вертолетах.

При подготовке полетного задания ПНС-А не просто обеспечивает ввод и отображение на подвижной цифровой карте маршрута в виде линий, а рассчитывает полет с учетом рельефа и характеристик ЛА, строит схемы заходов, обеспечивая оптимальную траекторию. Но главные достоинства ПНС-А реализуются на стадии выполнения полета. В отличие от обычной цифровой индикации в ПНС-А используется «образная индикация», т. е. не только индицируются текущие показания датчиков, но и прогнозируется развитие полетной ситуации с учетом динамических характеристик конкретного ЛА. Алгоритмической основой образной индикации являются математические



Рис. 2
Общий вид комплекта ПНС-А

модели для прогнозирования траектории движения как ЛА в целом, так и отдельных параметров движения (скорости, высоты, траекторных углов) с использованием различных гипотез движения в зависимости от времени прогнозирования движения и характера маневра, рельефа, заданной траектории полета ЛА (рис. 3). Таким образом, ПНС-А на летательном аппарате не просто дублирует функции навигационного комплекса, но и обеспечивает лучшую пространственную ориентировку летчика. Как показали экспериментальные полеты, ПНС-А обеспечивает повышение точности пилотирования в 4–5 раз по сравнению с пилотированием по штатным приборам.

Авторам известен случай, когда крупная международная компания, проводящая аэрогеофизическую разведку, в течение одного сезона потеряла два самолета в Южной Америке из-за столкновений с рельефом в тумане, постоянно накрывающем влажные экваториальные леса. Дело в том, что установленное на борту геофизическое оборудование требовало продолжительных залетов на линии для обеспечения заданных параметров фильтрации при обработке измерительной информации. Поэтому пилотам приходилось максимально использовать пространство для маневра самолета: издалека заходить на линию и оставаться на ней как можно



Рис. 3
Основной пилотажный дисплей ПНС-А

дольше до завершения пролета.

Использование ПНС-А позволяет повысить безопасность полетов за счет реализации в нем функции предупреждения столкновения с поверхностью Земли. Это достигается за счет наличия цифровой карты рельефа местности и автоматического построения линии мажоранты, определяемой, соотносясь с рельефом и параметрами полета (рис. 4).

Следует отметить, что основным элементом оборудования ПНС-А является малогабаритная интегрированная навигационная система (МИНС) «КомпаНав-2» (см. «Геопрофи». — 2003. — № 3. — С. 16–17 и Геопрофи. — 2004. — № 2. — С. 42–44). Она выполняет функции определения пилотажных параметров, главными среди которых являются углы ориентации летательного аппарата: курс, крен и тангаж. Проведенные в июне 2005 г. ООО «ТеКнол» совместно с ЛИИ им. М.М. Громова и 29-м НИИ МО РФ летные испытания показали, что в режиме крейсерского полета по линии значения углов тангажа и крена определяются с помощью МИНС «КомпаНав-2» с точностью лучше 18'. Причем, после камеральной обработки точность этих значений может быть увеличена до 6'. Это позволяет использовать значения параметров ориентации ЛА, определяемых с помощью «КомпаНав-2», для коррекции данных, получаемых геофизическим и аэросъемочным оборудованием. Например, для коррекции данных при аэромагнитной съемке, когда в показаниях аппаратуры необходимо компенсировать изменение магнитного поля, вызванное собственным движением ЛА.

Другим применением системы «КомпаНав-2» является аэросъемка для целей картографирования территории земной поверхности. В классических случаях аэросъемочное оборудование устанавливается на гиростабилизированной платформе для

его обеспечения в горизонтальном положении во время аэросъемки. МИНС «КомпаНав-2» обеспечивает получение в любой момент времени точной непрерывной информации об углах ориентации ЛА и, следовательно, аэросъемочного оборудования относительно плоскости горизонта. Это позволяет тематически трансформировать отдельные снимки и создать ортофото отснятой территории. Кроме того, в этом случае существенно снижается стоимость аэросъемочных работ за счет автономности «КомпаНав-2». Небольшие габариты и низкое эле-

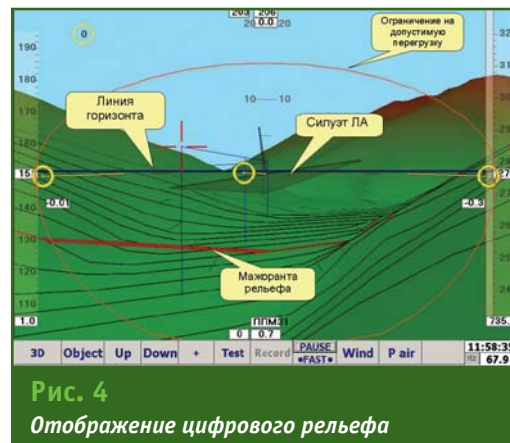


Рис. 4
Отображение цифрового рельефа

тов ЛА в сложных погодноклиматических условиях и ограниченной видимости.

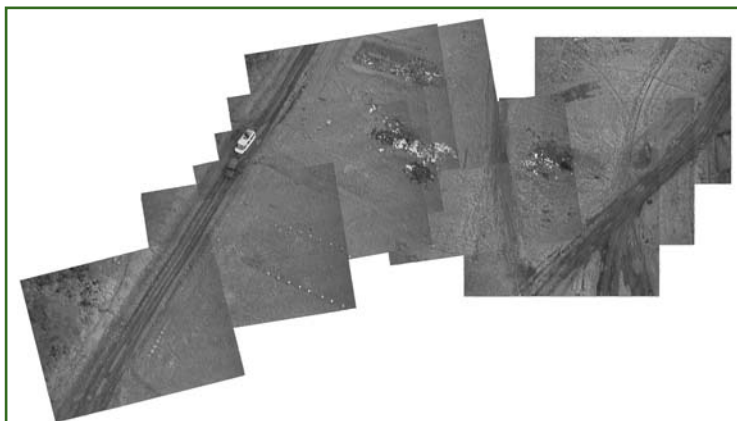


Рис. 5
Ортофотоплан территории

ктропотребление позволяют установить МИНС «КомпаНав-2» на любом ЛА, включая и беспилотные (БПЛА). На рис. 5 приведен ортофотоплан территории, построенный по результатам цифровой аэрофотосъемки с борта БПЛА, оснащенного МИНС «КомпаНав-2». При его увеличении видно, что автомобильная колея на грунтовой дороге переходит без сдвига и искажения с одного кадра на другой, что свидетельствует о точности сшивки на уровне 10–20 см.

Разработанное и производимое ООО «ТеКнол» пилотажно-навигационное оборудование может быть эффективным средством при проведении различных видов аэросъемки, повышая точность получаемых данных и обеспечивая безопасность поле-



117556, Москва, Варшавское шоссе, 79 стр. 2
Тел: (095) 718-95-77
Факс: (095) 119-58-05
E-mail: contact@teknol.ru
Интернет: www.teknol.ru

RESUME

Technical characteristics and flight test results are considered for the autonomous flight and navigation system — PNS-A — being produced since 2004 by the Teknol Company. Expediency of its application is expounded for conducting aerogeophysical digital imaging aimed at large territories mapping.