

ПРИМЕНЕНИЕ НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ ROUTENAV ДЛЯ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ

С.О. Шевчук («СНИИГГиМС», Новосибирск)

В 2010 г. окончил Институт дистанционного зондирования и природопользования Сибирской государственной геодезической академии (в настоящее время — Сибирский государственный университет геосистем и технологий) по специальности «аэрофотогеодезия». С 2009 г. работает в АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья» (СНИИГГиМС), в настоящее время — заведующий лабораторией геодезического обеспечения геолого-геофизических работ. Кандидат технических наук.

С.В. Барсуков («Аэрогеофизическая разведка», Новосибирск)

В 2007 г. окончил геолого-геофизический факультет Новосибирского государственного университета по специальности «геофизика». После окончания университета работал в АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья». С 2012 г. работает в ЗАО «Аэрогеофизическая разведка», в настоящее время — ведущий геофизик.

Одной из важных составляющих технологии аэрогеофизических исследований является навигационно-геодезическое обеспечение, включающее комплекс работ по определению навигационных и геодезических параметров как непосредственно во время съемки, так и при обработке полученной информации. Навигационное сопровождение также оказывает заметное влияние на качество выполняемых работ и отчетных материалов. Основными задачами этого процесса являются:

- вывод летательного аппарата на заданную точку местности (начало съемочного маршрута или пункт базирования);

- выдерживание линии заданного съемочного маршрута в пределах допустимых боковых уклонений и определение текущих плановых координат и высоты съемки;

- определение и согласование с экипажем порядка захода на текущий съемочный маршрут

и перехода с него на следующий;

- контроль выдерживания допусков навигационно-пилотажных параметров (скорости, высоты полета и пр.), особенно при полетах с выносными конструкциями [1, 2].

В настоящее время для определения пространственных координат, азимута и скорости летательного аппарата используется оборудование на основе глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Как правило, это навигационная ГЛОНАСС/GPS аппаратура, обеспечивающая позиционирование в режиме реального времени с точностью в плане 5–10 м и выше.

▼ Проблемы программно-аппаратного обеспечения навигационного сопровождения аэрогеофизических работ

Как показали длительные исследования при выборе аппаратуры, подходящей для решения задач при проведении аэрогео-

физических работ, навигационные приемники ГНСС, как правило, имеют ряд ограничений и недостатков, значительно усложняющих их использование, в первую очередь, связанных со встроенным программным обеспечением:

- отсутствие контроля уклонений от заданного маршрута и отбраковки маршрутов, пройденных с нарушением установленных допусков;

- отсутствие автоматизированных алгоритмов смены маршрутов;

- низкая гибкость настроек автоматического масштабирования карты полета, отображаемой на экране;

- невозможность отображения на одном экране дополнительных навигационных параметров (скорости полета и высоты по высотомеру) и их оценки;

- невозможность удаленного контроля оператором съемки текущих навигационных параметров.

Справедливости ради следует отметить, что существует специализированная аппаратура (например, IGI CCNS-5 [3], «Агронавигатор плюс» [4]) и специализированные навигационные комплексы (например, ПНС-А [5, 6], «АэроЛоцман» [7]), у которых отсутствует часть указанных недостатков. Но, в целом, такая аппаратура и навигационные комплексы либо не полностью решают поставленные задачи, либо имеют слишком высокую стоимость (или продаются только в комплекте с дорогостоящими приборами).

В ЗАО «Аэрогеофизическая разведка» долгое время применялись навигационные системы на основе кодовых приемников ГЛОНАСС/GPS компании Garmin. Позже стал использоваться навигационный приемник «Агронавигатор плюс» (ООО «ЛТЦ Аэросоюз») [8]. В настоящее время выполняются исследования, и идет внедрение навигационного комплекса на основе программы RouteNav, разработанной авторами статьи для ЗАО «Аэрогеофизическая разведка» [9, 10].

▼ Принцип функционирования навигационного комплекса

Навигационный комплекс в минимальной комплектации включает навигационный ГЛОНАСС/GPS-приемник и портативный компьютер (планшет) с операционной системой Windows и установленной на нем програм-



Рис. 2
Пример рабочего окна программы RouteNav

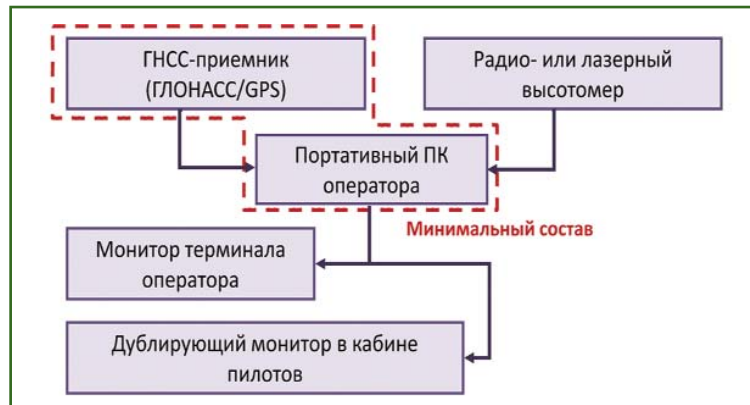


Рис. 1
Минимальный и расширенный состав навигационного комплекса

мой RouteNav. При необходимости навигационный комплекс может быть дополнен монитором терминала оператора, дублирующим монитором для размещения в кабине пилотов, а также высотомером, информация с которого должна преобразовываться в текстовый протокол (рис. 1).

Связь с ГНСС-приемником осуществляется через USB/COM-порт по протоколу NMEA0183. Для высотомера используется тот же вид связи с настраиваемым текстовым протоколом.

Кроме непосредственно измерений, входными данными для программы RouteNav являются маршруты (в виде таблиц в текстовом формате) и растровые подложки (отсканированные карты или космические снимки с сервиса Google Earth).

В качестве выходных данных в рабочем окне программы на экране компьютера отображается карта-схема со следующей информацией: текущее местоположение, маршруты (галсы), границы участка работ, стрелки-индикаторы направлений (на текущий маршрут, следующий маршрут, участок работ или пункт базирования), рекомендуемая траектория захода на маршрут и пункт базирования. Также на экран выводятся цифро-текстовые и графические индикаторы (в подробном или сокращенном виде), позволяющие оценить скорость, боковые ук-

лонения от маршрутов, азимут, выдерживание высоты и другие навигационные характеристики летательного аппарата (рис. 2).

Траектория полета и навигационные параметры сохраняются в файлах, которые впоследствии могут быть воспроизведены и проанализированы. Кроме того, программа автоматически выполняет оценку выдерживания маршрутов, и, в случае брака, рекомендует осуществить повторный заход на маршрут.

После завершения работ по результатам полета с помощью специальной утилиты программы RouteNav может быть сформирован сокращенный или подробный отчет (рис. 3). В подробный отчет входят статистические данные для каждого маршрута по отклонениям от заданной траектории и высоты полета над земной поверхностью (при наличии измерений высотомером). Также сохраняется файл маршрутов, содержащий статус прохождения каждого маршрута (пройден точно, грубо или не пройден), по информации которого можно продолжить съемку при следующем вылете.

▼ Режимы работы программы RouteNav

В программе реализованы следующие режимы пилотирования:

— свободное пилотирование по карте-схеме;

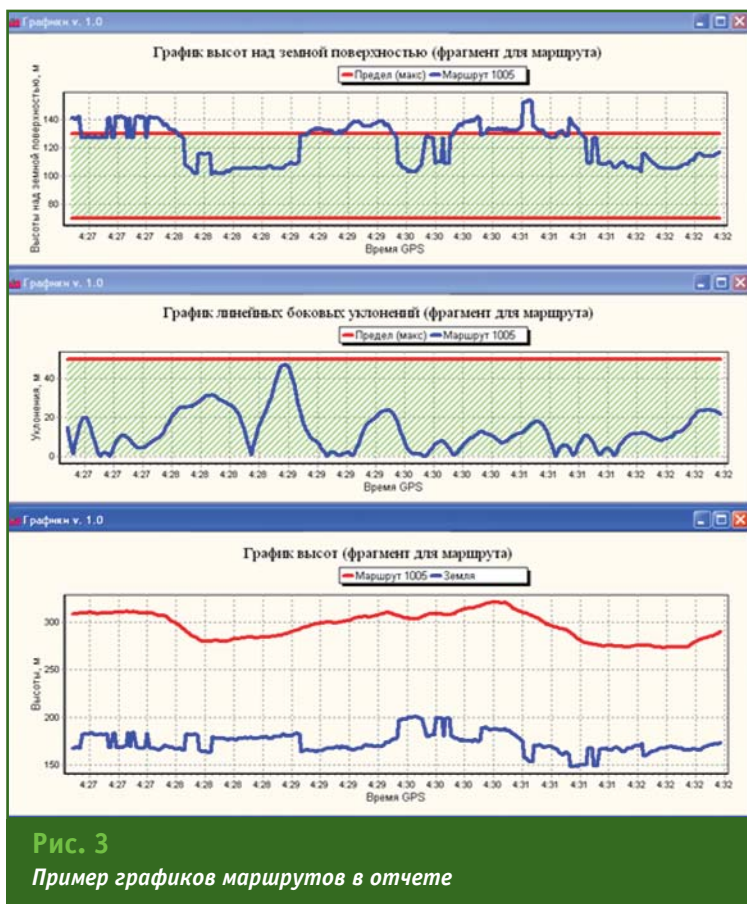


Рис. 3
Пример графиков маршрутов в отчете

- перелет к участку работ;
- следование по маршрутам (выдерживание текущего маршрута и заход на следующий маршрут);
- возвращение в пункт базирования.

Переключение между режимами пилотирования может происходить вручную и автоматически (по настраиваемому алгоритму). От режима будет зависеть ориентация карты-схемы и ее масштаб, отображение индикаторов (например, величины уклонений) и т.п.

На рис. 4 показаны различные режимы работы программы. Например, при переходе с маршрута на маршрут, отображается рекомендуемая траектория (может быть динамически перестроена при выборе другого маршрута), а при выдерживании маршрута — индикатор линейного бокового уклонения (расстояние до маршрута по нормали).

Отображение и информативность датчиков, а также масштаб и ориентация карты-схемы (на север, по азимуту или по оси

маршрута) могут быть настроены для каждого режима и изменены оператором в процессе полета.

В зависимости от типа используемого портативного компьютера или планшета, управлять программой можно как с помощью клавиатуры и мыши, так и джойстика или кнопок сенсорного экрана.

▼ **Порядок выполнения работ**

Аэронавигационные работы с использованием навигационного комплекса на основе программы RouteNav выполняются в три этапа.

Первый этап включает создание проекта съемки, в котором устанавливаются критерии выдерживания маршрутов и высоты полета, выбирается файл с маршрутами, настраивается алгоритм выбора маршрутов, параметры автоматической смены режимов пилотирования и цветовое оформление карты-схемы.

Второй этап — непосредственно пилотирование. При возникновении нештатных ситуаций оператор может самостоятельно менять параметры полета (текущий и следующий маршруты, масштаб и ориентацию карты-схемы и т. п.), а также возвращаться к автоматическому режиму.

Во время третьего этапа на основе отчетов анализируются данные по выдерживанию заданных траектории маршрута и высоты полета. Кроме того, имеется возможность воспроизвести полет по сохраненному файлу маршрутов.



Рис. 4
Рабочее окно программы RouteNav при различных режимах пилотирования: а) перелет к участку работ; б) выдерживание маршрута; в) переход с маршрута на маршрут

**Рис. 5**

Исследуемая аппаратура на борту вертолета: компьютер оператора с программой RouteNav в салоне (слева); дублирующий монитор с окном программы RouteNav и приемники «Агронавигатор плюс» и Garmin GPSMap 178 в кабине пилотов (справа)

▼ Испытания навигационного комплекса

Навигационный комплекс на основе программы RouteNav прошел наземные и авиационные испытания. В качестве аппаратной части комплекса использовались навигационные приемники uBlox 6 и GlobalSat BU353 GLONASS, а также радиовысотомер PB5. При испытаниях выполнялось сравнение возможностей навигационного комплекса на основе программы RouteNav с навигационными приемниками «Агронавигатор плюс» и Garmin GPSMap 178 [8].

Программа RouteNav успешно выполняла все функции и осуществляла вывод параметров полета на экран компьютера оператора и на дублирующий монитор, установленный в кабине пилотов (рис. 5). По сравнению с другими навигационными приемниками, участвовавшими в испытаниях, навигационный комплекс на основе программы RouteNav выделялся наилучшей адаптацией к специфике работ за счет автоматического выбора маршрутов, полной автоматизации смены режимов пилотирования и масштаба, отображения рекомендуемой траектории захода на следующий маршрут и других алгоритмических решений.

Кроме того, важным преимуществом программы при работе

в расширенной комплектации навигационного комплекса является режим двух мониторов, позволяющий пилоту и оператору наблюдать рабочий экран программы одновременно. При этом управление программой осуществляет оператор.

Программа RouteNav продолжает совершенствоваться под нужды как аэро-, так и наземной геофизики [9, 10]. В настоящее время навигационный комплекс на ее основе обладает следующими преимуществами:

- по информации, отображаемой на дублирующем мониторе, пилот имеет возможность контролировать боковые отклонения от заданного маршрута и за счет этого выдерживать траекторию и высоту полета;

- обеспечивается отбраковка маршрутов, пройденных с нарушением установленных допусков, сохранение траектории и автоматический анализ с помощью дополнительных утилит;

- имеется автоматический выбор режима со сменой масштаба (опционально) и вывода рекомендуемой траектории захода на смежные маршруты;

- благодаря режиму двух мониторов пилот и оператор контролируют полет.

Ограничением программы пока является поддержка только Windows-платформ.

▼ Список литературы

1. Тригубович Г.М., Персова М.Г., Саленко С.Д. Аэрогеофизические вертолетные платформы серии «Импульс» для поисково-оценочных исследований // Приборы и системы разведочной геофизики. — 2006. — № 2(16) — С. 18–21.
2. Тригубович Г.М., Шевчук С.О., Белая А.А. и др. Навигационно-геодезическое обеспечение аэрогеофизических исследований // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. — 2013. — № 2. — С. 61–69.
3. IGI. — www.igi-systems.com.
4. «ЛТЦ Аэросоюз». — www.aerounion.ru.
5. «Текнол». — www.teknol.ru.
6. Жодзишский П.Ю., Пухватов В.А. Повышение эффективности выполнения аэрогеофизических исследований // Геопрофи. — 2010. — № 2. — С. 23–25.
7. «Геолого-геофизическая компания». — www.geogk.ru.
8. Шевчук С.О., Мелеск А.Х. Испытания российского навигационного комплекса «Агронавигатор плюс» // Геопрофи. — 2016. — № 1. — С. 24–29.
9. Шевчук С.О., Барсуков С.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017614500 / Российская Федерация / Программа для навигационного обеспечения аэрогеофизических работ RouteNav / Заявитель и правообладатель ЗАО «Аэрогеофизическая разведка»; дата поступления 09 января 2017 г.; дата регистрации 18 апреля 2017 г.
10. «Аэрогеофизическая разведка». — <http://aerosurveys.ru>.