

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Станислав Олегович Шевчук

ЗАО «Аэрогеофизическая разведка», 630007, г. Новосибирск, ул. Октябрьская магистраль, 4, офис 1207, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (903)936-78-53, e-mail: staspp@211.ru

Сергей Владимирович Барсуков

ЗАО «Аэрогеофизическая разведка», 630007, г. Новосибирск, ул. Октябрьская магистраль, 4, офис 1207, ведущий геофизик, тел.: (913)717-21-70, e-mail: turmalin@ngs.ru

В статье рассмотрены новые возможности навигационного комплекса на основе программы RouteNav собственной разработки авторов. Возможность неполного прохождения маршрутов позволяет выполнять съемку отдельных маршрутов частями с последующим возвращением. Контроль проектного направления полетов исключает ситуации смены направления на сложных маршрутах. Расширенные возможности проектирования маршрутов, такие как создание калибровочных маршрутов для списания девиаций магнитометра (звезда девиаций) и «клонирование» нелинейных маршрутов позволяют повысить автоматизацию проектирования съемки. Реализация указанных возможностей рассмотрена в статье подробно. Данные возможности выделяют RouteNav среди конкурентных устройств и других навигационных комплексов. Повышение эффективности навигационного обеспечения достигается как за счет интуитивного пользовательского интерфейса, позволяющего пилоту выполнять полет по маршрутам самостоятельно, так и за счет указанных возможностей по оптимизации полета и расширенному контролю за съемкой при выполнении полета и за счет широких возможностей проектирования съемки.

Ключевые слова: ГНСС, навигация, уклонения, геофизика, аэрофотосъемка, аэрогеофизика.

INCREASING EFFICIENCY OF NAVIGATION MAINTANANCE OF AERIAL GEOPHYSICS

Stanislav O. Shevchuk

«Aerogeophysical Surveys» Company, 4 Oktyabr'skaya Magistral' St., Novosibirsk, 630007, Russian Federation, Ph. D., Leading Scientist, phone: (903)936-78-53, e-mail: staspp@211.ru

Sergey V. Barsukov

«Aerogeophysical Surveys» Company, 4 Oktyabr'skaya Magistral' St., Novosibirsk, 630007, Russian Federation, Leading Geophysicist, phone: (913)717-21-70, e-mail: turmalin@ngs.ru

New features of navigation complex RouteNav created with the authors' collaboration are considered. The feature of partly-done routes allows optimizing survey of routes and fulfill them by parts with returns if it is necessary. The feature of direction-control excludes the problems with the flight direction changes to wrong during the route tracing. Also the flight-project utilities are improved with new special features, such as automatic generation of calibration routes (for compensation of magnetometer deviations) and cloning of compound routes allows, which is to increase automation level of flight planning. Implementation of these features is considered in the article. The provided capabilities

of RouteNav can be considered as a competitive advantage over the devices and complexes used for similar purpose in aerial geophysics. Increasing efficiency of navigation is reached because of user-friendly interface, which allows the pilot to trace the routes by oneself, and also because of flight optimization and control capabilities and flight-planning features.

Key words: GNSS, navigation, tracing, geophysics, aerosurveying, aerial geophysics.

Введение

Выдерживание маршрутов является одной из важнейших задач навигационного обеспечения аэрогеофизической съемки [1–4].

Данная задача решается посредством специализированных навигационных комплексов (НК), основанных на применении навигационной аппаратуры глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), высотомеров (радио- и лазерных) и специализированного программного обеспечения средств вывода информации (могут быть как включены отдельно в оборудование, так и представлять собой общий интерфейс). Пример НК RouteNav собственной разработки приведен в [5–8]. Навигационный комплекс RouteNav включает одноименную программу (и набор дополнительных утилит, входящих в состав ее поставки), кодовый ГНСС-приемник, Windows-планшет или полевой ПК, а также дублирующий монитор для размещения в кабине пилотов.

Сопряжение НК и программы сбора геофизических данных также может позволить оптимизировать состав экипажа и повысить автоматизацию съемки [9, 10].

На данный момент НК многократно испытан и внедрен в производство наземных и аэрогеофизических работ в ЗАО «Аэрогеофизическая разведка». На рис. 1 показаны фото летных испытаний RouteNav.

В настоящее время ведутся работы по повышению эффективности НК как для процессов непосредственно съемки, так и проектирования полетов. В данный момент возможности RouteNav покрывают базовые потребности навигации по маршрутам, однако различные усовершенствования могут повысить его эффективность.

В статье рассмотрены новые возможности НК RouteNav, внедренные в 2019 году, которые должны повысить его эргономичность и расширить возможности пилотов и/или операторов геофизической съемки. Данные возможности выделяют RouteNav среди конкурентных устройств и НК [11–13], которые в настоящее время не обладают указанными возможностями.

К таким возможностям можно отнести:

- 1) Возможность неполного прохождения маршрутов (таким образом, при выполнении съемки появляется возможность частичного прохождения отдельных маршрутов с последующим возвращением);
- 2) Учет и индикация проектного направления полетов (исключает казусы смены направления на сложных маршрутах, что более актуально при наземной съемке, при которой программа также применяется);
- 3) Расширенные возможности проектирования маршрутов (специализированные функции – создание звезды девиаций, размножение маршрутов и пр.).



Рис. 1. Вывод НК RouteNav на экран в кабине пилотов (сверху) и на ноутбук оператора геофизической съемки (внизу)

Возможность неполного прохождения маршрутов

На рабочем экране RouteNav отображается прогресс прохождения маршрута (с учетом начального положения на нем). Прохождение текущего маршрута отображается на панели индикаторов, рис. 2.

В случае если маршрут начат не сначала, на индикаторе появится соответствующий пропуск, рис. 3.

Части прохождения маршрутов (в случае неполного прохождения) сохраняются и доступны из списка маршрутов. Если маршрут проходится повторно, отображается также и предыдущий прогресс, рис. 4.

Маршрут будет сохранен как частично пройденный в случае, если пройдено не менее 20 % маршрута. В случае, если необходимо обеспечить только полное прохождение маршрутов, добавлена соответствующая настройка во вкладке «Маршруты» настроек полета (и в Мастере создания конфигурации полета).

В случае настройки опции «только полное прохождение», маршрут, пройденный частично, не будет засчитан. Кроме того, в случае захода на маршрут не с начальной/конечной точки, программа автоматически потребует повторного прохождения.



Рис. 2. Отображение прогресса прохождения маршрута на панели индикаторов для текущего маршрута



Рис. 3. Индикация прохождения маршрута, начатого не с начала

M 55	не пройд.	4	ОК
M 56	грубо	5	ОК
M 57	грубо	6	грубо

Рис. 4. Отображение прогресса прохождения маршрутов (слева) и маршрутов, пройденных повторно (справа) в списке их выбора

Благодаря поддержке неполного прохождения маршрутов, появилась возможность индикации и контроля захода на маршрут. В случае захода на маршрут не с начала, программа предложит различные варианты действий, рис. 5.

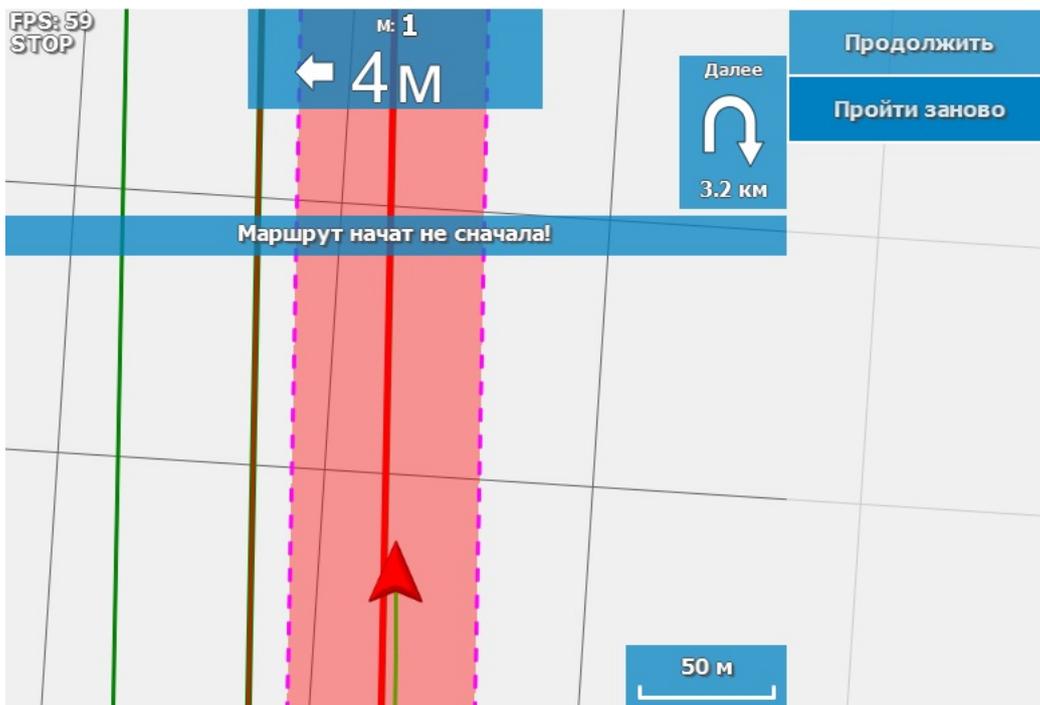


Рис. 5. Запрос действия при старте маршрута не с начальной/конечной точки

Предлагается два варианта действий – продолжить следование по маршруту (если разрешено неполное прохождение) и повторное прохождение текущего маршрута.

Неполное прохождение маршрутов также отображается на карте-схеме (цвета задаются в настройках), рис. 6.

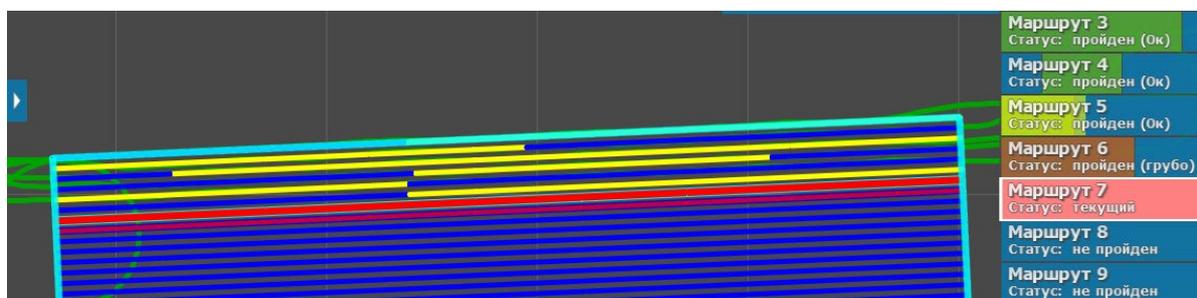


Рис. 6. Отображение частично пройденных маршрутов на карте-схеме

Учет и индикация проектного направления полетов

В программу навигации также добавлен контроль сохранения направления движения и варианты действия в ситуации разворота на маршруте, рис. 7. Также добавлена возможность показа проектного направления стрелкой (при развороте или по запросу «горячей» клавишей).

Важно отметить, что направление маршрута изначально автоматически задается при заходе на него. Главным критерием является его близость к начальной

или конечной точке при заходе – по данному критерию маршрут проходит в прямом или обратном направлении.

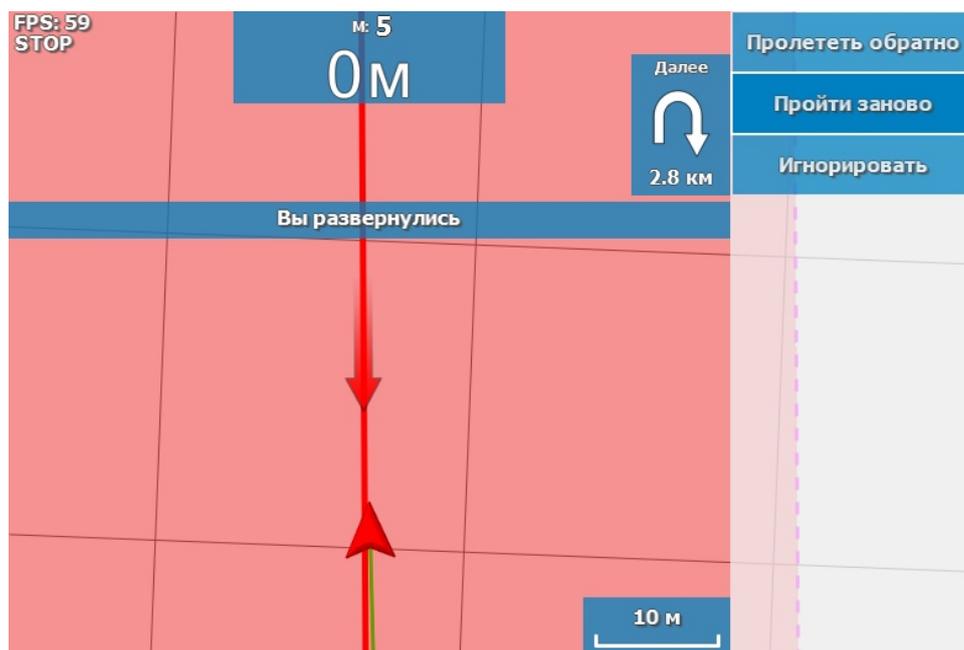


Рис. 7. Запрос действия при движении в неверном направлении

При выборе варианта «Пролететь обратно», направление маршрута автоматически изменится на противоположное, и по нему можно будет продолжить движение. Выбор варианта «Игнорировать» предполагает, что транспортное средство будет развернуто вдоль маршрута.

Для достижения максимальной автоматизации полета, стратегии действий при изменении направления, а также при заходе на маршрут не с начальной точки могут быть заданы априорно в настройках.

Расширенные возможности проектирования маршрутов

НК включает в себя также программу проектирования съемочных полетов, позволяющую импортировать маршруты, автоматически разбивать участки съемки, объединять/разбивать маршруты, импортировать подложки из геокартографических сервисов Google/Yandex Maps и пр., рисунок 8.

В настоящий момент в утилиту добавлен ряд новых функций: возможность локализации местной системы координат (для проектирования в заданной СК), расширенные возможности по импорту нелинейных маршрутов (в том числе, из форматов приемников Garmin и ГИС OziExplorer), возможность последовательного соединения точек в криволинейные маршруты (рис. 9) и размножения маршрутов по заданному дирекционному углу (рис. 10).

Кроме того, появились возможности создания шаблонных маршрутов, существенно специфических для геофизики, например, «звезды девиаций» (калибровочных маршрутов для списания девиаций аэромагнитометра [14, 15]), рис. 11.

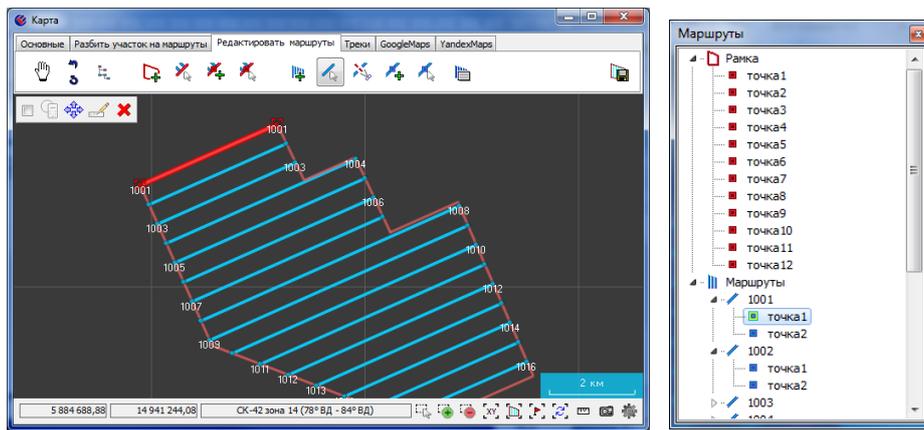


Рис. 8. Утилита редактирования маршрутов RouteEditor

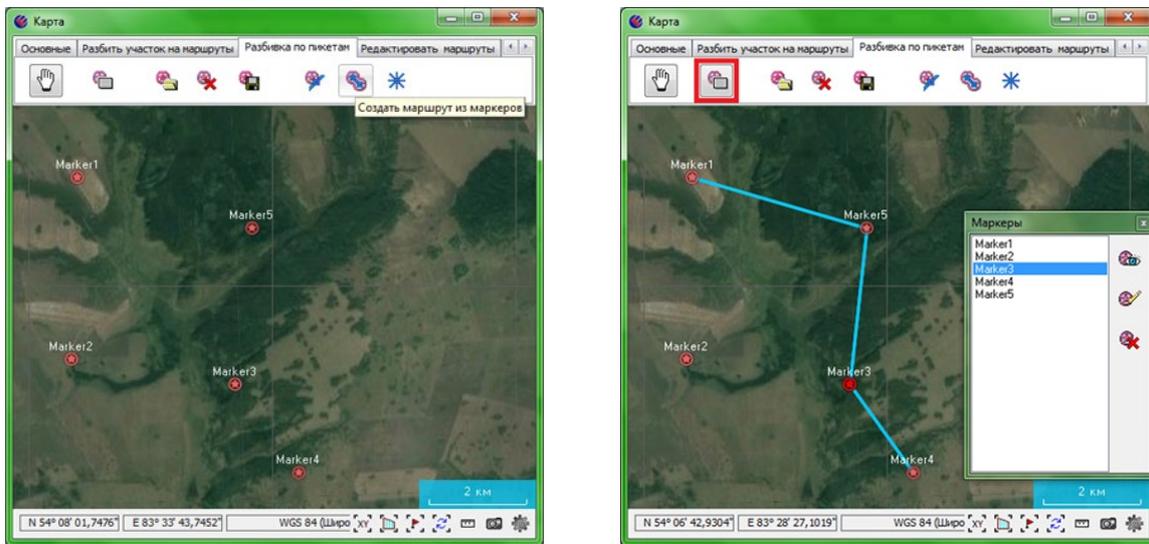


Рис. 9. Маршрутные (поворотные) точки до (слева) и после объединения в маршрут (справа)

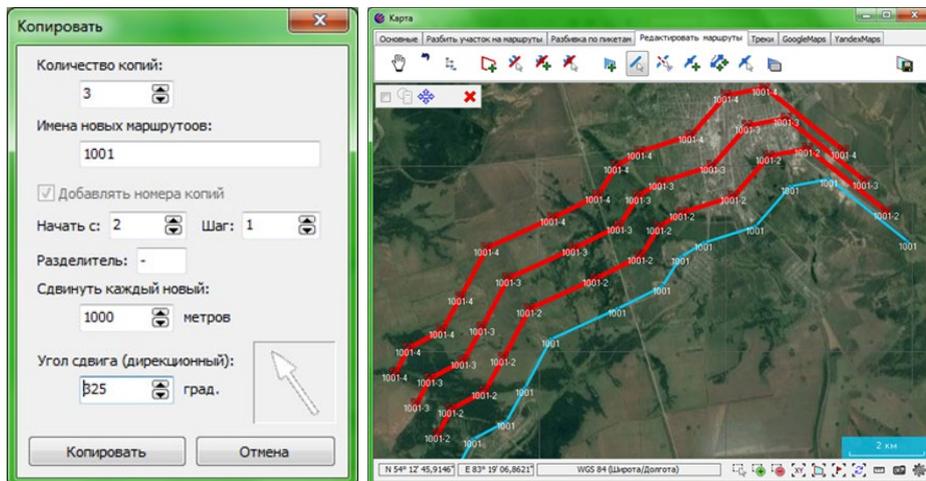


Рис. 10. Настройки (слева) и результат копирования криволнейного маршрута (справа)

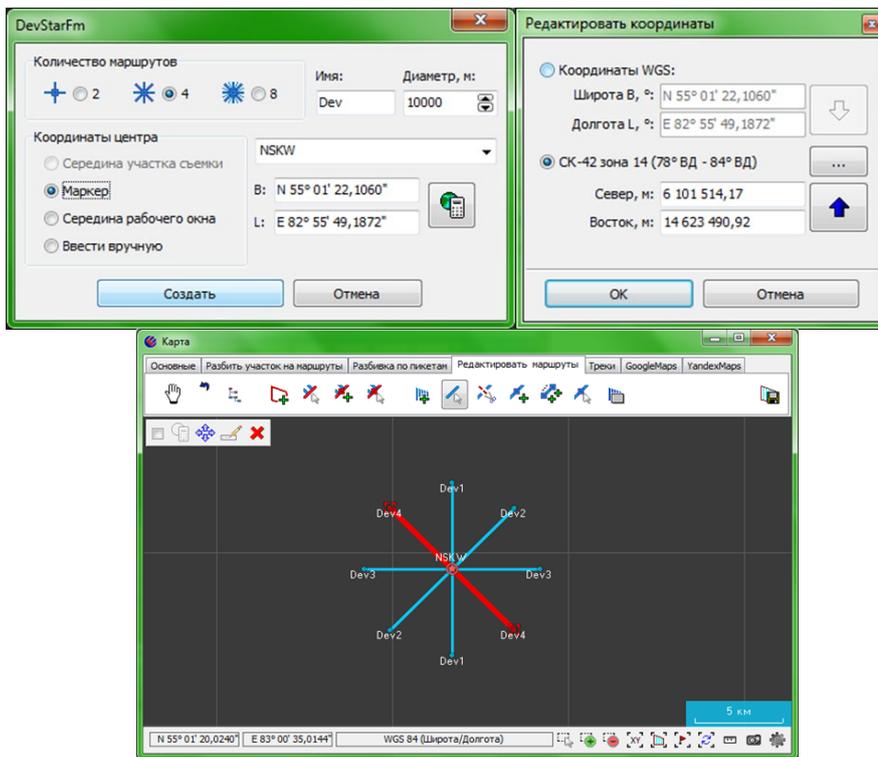


Рис. 11. «Звезда девиаций», созданная в заданной точке

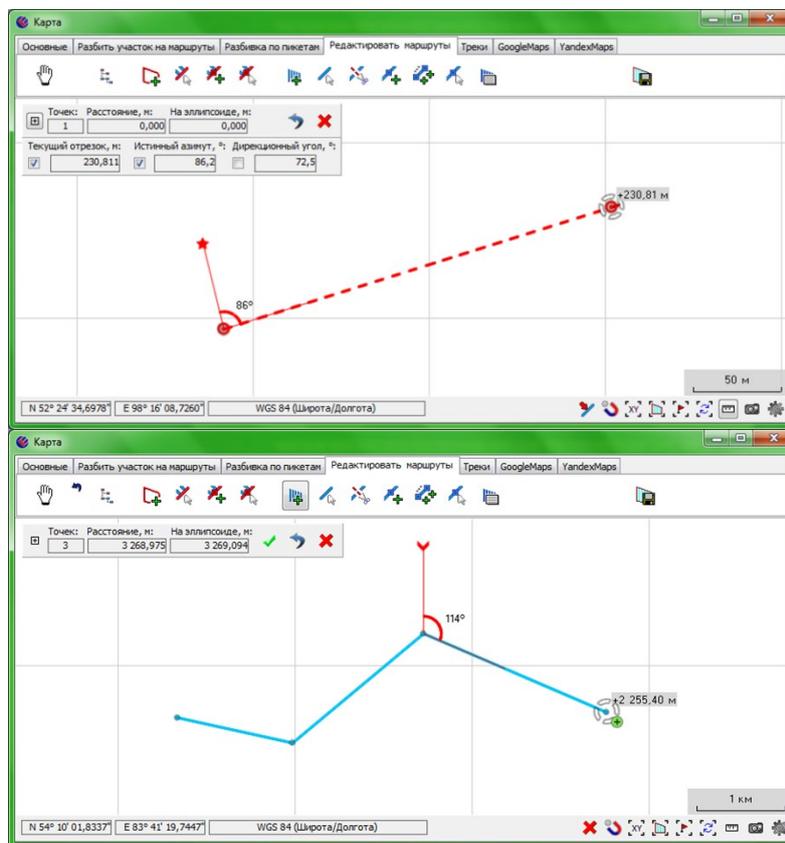


Рис. 12. Дополнительные возможности инструмента «Линейка» (сверху) и ее применение при создании маршрута (внизу)

Вывод

В данной статье, а также в ряде более ранних публикаций [7, 16, 17] рассказано о возможностях выполнения навигационного обеспечения (непосредственно или на этапе проектирования и постполетного анализа) посредством навигационного комплекса RouteNav.

Данные возможности выделяют RouteNav среди конкурентных устройств и НК [10–12], которые не обладают указанными возможностями.

Повышение эффективности навигационного обеспечения достигается за счет интуитивного пользовательского интерфейса, позволяющего пилоту выполнять полет по маршрутам самостоятельно, возможностей оптимизации полета (съемка маршрутов частями), расширенного контроля (например, за направлением маршрута) при выполнении полета, широких возможностей проектирования съемки.

Реализация перечисленных возможностей прошла модельные испытания, и в данный момент проходит практическую апробацию непосредственно при выполнении съемочных полетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Инструкция по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геологоразведочных работ [Текст]. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1997. – 106 с.

2 Глаголев, В. А. Спутниковое навигационно-геодезическое обеспечение геофизических измерений в движении [Текст] / В. А. Глаголев. – СПб.: ВИРГ-Рудгеофизика, 2003. – 104 с.

3 Тригубович, Г.М. Инновационные поисково-оценочные технологии электроразведки становлением поля воздушного и наземного базирования [Текст] // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 8. – С. 80–87.

4 Kamenetsky, F.M. Transient Geo-Electromagnetics [Text] / F.M. Kamenetsky, E. H. Stettler, G.M. Trigubovich – Англ. – Ludwig-Maximilian-University of Munich. Dept. of the Earth and Environmental Sciences. Section Geophysics. - Munich, 2010. - 296 p., 2010. – 296 с.

5 Шевчук, С.О. Навигационное сопровождение аэрогеофизических исследований с использованием программы RouteNav [Текст] / С.О. Шевчук, С.В. Барсуков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17-21 апреля 2017 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – С. 130 – 137.

6 Trigubovich, G. M. Complex Technology of Navigation and Geodetic Support of Airborne Electromagnetic Surveys [Text] / G. M. Trigubovich, S. O. Shevchuk, N. S. Kosarev, and V. N. Nikitin // Gyroscopy and Navigation, 2017, Vol. 8, No. 3, pp. 226–234. – Англ.

7 Шевчук, С. О. Выполнение навигационного обеспечения наземных и аэрогеофизических работ с использованием современного программно-аппаратного обеспечения [Текст] С. О. Шевчук, В. Н. Никитин, С. В. Барсуков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр., 23–27 апреля 2018 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 266 - 275.

8 Шевчук, С. О. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017614500 / Российская Федерация / Программа для навигационного обеспечения аэрогеофизических работ RouteNav [Текст] / С. О. Шевчук, С. В. Барсуков; заявитель

и правообладатель Закрытое акционерное общество «Аэрогеофизическая разведка» (RU); дата поступления 09 янв. 2017 г.; дата регистрации 18 апр. 2017 г.

9 Тригубович Г.М., Шевчук С.О., Сверкунов А.С., Барсуков С.В. Концепция построения автоматизированного навигационно-измерительного аэрогеофизического комплекса [Электронный ресурс] // EarthDoc – библиотека EAGE. URL: <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=91636>

10 Тригубович, Г. М. Автоматизированный навигационно-измерительный аэрогеофизический комплекс [Текст] Г. М. Тригубович, С. О. Шевчук, А. С. Сверкунов, С. В. Барсуков, Н. С. Косарев // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр., 23–27 апреля 2018 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 257–265.

11 CCNS-5 / IGI – Integrated Geospatial Innovations [Electronic Resource] Режим доступа: <http://www.igi-systems.com/ccns-5.html> – Англ.

12 Жодзишский, П.Ю. Повышение эффективности выполнения аэрогеофизических исследований [Текст] П.Ю. Жодзишский, В.А. Пухов // Геопрофи. – 2010. – № 2. – С. 23–25.

13 Технологии / ООО «Геолого-геофизическая компания» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.geogk.ru/rus/technologies.shtml>

14 Каршаков, Е. В. Стохастическая задача оценивания компенсации девиации аэромагнитометра [Текст] Е. В. Каршаков, М. В. Харичкин // Автоматика и телемеханика. – 2008.- № 7. – С. 68 – 77.

15 Харичкин, М. В. Задача компенсации девиации аэромагнитометра : дисс. ... канд. физ.-мат. наук: 01.02.01 / Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова – М., 2009. - 106 с.

16 Шевчук, С. О. Оценка выдерживания маршрутов при выполнении геофизических и аэрофотосъемочных работ [Текст] С. О. Шевчук, В. Н. Никитин, А. С. Сверкунов, С. В. Барсуков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск [Текст] : сб. материалов в 9 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. № 1. – С. 54 - 61.

17 Шевчук, С. О. Редукция кинематических ГНСС-измерений [Текст] / С.О. Шевчук, В. Н. Никитин, О.Н. Лыско, В.М. Жидов Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2019. № 1 (48). – С. 63–72

© С. О. Шевчук, С. В. Барсуков, 2020