

Технология навигационного обеспечения аэрогеофизических работ с использованием программного комплекса RouteNav

Руководство и методические рекомендации

ЗАО «Аэрогеофизическая разведка»



Шевчук, С. О. Технология навигационного обеспечения аэрогеофизических работ с использованием программного комплекса *RouteNav*. Руководство и методические рекомендации

ЗАО «Аэрогеофизическая разведка»
2020 г. Новосибирск.

Электронное издание. Является приложением к программе *RouteNav* для Windows.

Настоящие методические рекомендации созданы для ознакомления пользователей геофизической съемочной системы «Импульс» с технологией навигационного обеспечения съемки и не имеют регламентирующей функции.

Материалы рекомендаций входят в состав монографии: **Технология навигационного обеспечения аэрогеофизических работ с использованием программного комплекса *RouteNav*** [Текст] : монография / С. О. Шевчук, Г. М. Тригубович, Н. С. Косарев, С. В. Барсуков, В. Н. Никитин. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 308 с.

Содержание

Введение	7
1 Краткий теоретический экскурс в вопросы навигационного обеспечения аэрогеофизических работ.....	9
1.1 Задача навигационного обеспечения аэрогеофизических работ.....	9
1.1.1 Навигационно-геодезическое обеспечение аэрогеофизических работ	9
1.1.2 Навигационное обеспечение аэрогеофизики. Навигационные параметры съемки.....	11
1.1.3 Навигационные комплексы	14
1.2 Применение ГНСС-технологий для навигационного обеспечения аэрогеофизических работ	15
1.2.1 Общие сведения о ГНСС	15
1.2.2 ГНСС-аппаратура потребителя	19
1.2.3 Методы ГНСС-измерений	22
1.2.4 Системы координат, высот и времени, применяемые в ГНСС	28
1.2.4.1 Системы координат. Датумы.....	28
1.2.4.2 Системы высот	33
1.2.4.3 Углы направлений (азимуты)	35
1.2.4.4 Системы времени.....	38
1.2.4.5 Порядок пересчета координат	38
1.2.5 Факторы, влияющие на точность ГНСС-измерений	40
1.2.5.1 Источники погрешностей ГНСС-измерений	40
1.2.5.2 Геометрический фактор	40
1.2.5.3 Влияние окружающих объектов на результаты измерений. Многопутность.....	42
1.2.5.4 Рекомендации по уменьшению погрешностей ГНСС-измерений	44
1.2.6 Использование ГНСС-приемников на летательных аппаратах	44
2 Навигационный комплекс на основе ПО RouteNav	47
2.1 Краткий обзор существующих навигационных комплексов.....	47
2.2 Программный комплекс RouteNav.....	49
2.3 Состав аппаратуры навигационного комплекса на основе ПО RouteNav.....	53
2.4 Установка и запуск ПО RouteNav. Проверка совместимости устройств	56
3 Технология выполнения работ с навигационным комплексом на основе программного обеспечения RouteNav.....	58
3.1 Этапы технологии навигационного обеспечения с использованием навигационного комплекса. Краткий обзор технологии.....	58
3.2 Подготовительные работы. Создание проекта полета	65
3.2.1 Настройки RouteNav. Проект полета	65

3.2.2 Создание проекта полета для RouteNav	68
3.2.2.1 Мастер создания проекта полета	68
3.2.2.2 Ручное изменение настроек полета	104
3.2.2.3 Глобальные настройки программы RouteNav	106
3.2.2.4 Доступ к утилитам, входящим в поставку RouteNav	116
3.2.2.5 Перенос проекта полета с компьютера на компьютер.....	118
3.2.3 Подготовка маршрутов в RouteEditor.....	119
3.2.3.1 Назначение RouteEditor. Описание интерфейса.....	119
3.2.3.2 Главное меню (категория «Основные»)	126
3.2.3.3 Разбиение участка на маршруты.....	127
3.2.3.4 Редактирование маршрутов.....	131
3.2.3.5 Работа с маркерами/пикетами.....	146
3.2.3.6 Имитация полета	151
3.2.3.7 Другие возможности RouteEditor.....	152
3.2.4 Загрузка карт и космоснимков с картографических сервисов GoogleMaps/YandexMaps в RouteEditor и GetMap	154
3.2.5 Геопривязка растровых карт в утилите Raster.....	158
3.2.6 Геокалькулятор GeoCalc. Добавление систем координат в RouteNav	164
3.2.6.1 Преобразование координат и высот с помощью GeoCalc	164
3.2.6.2 Управление системами координат программ RouteNav через GeoCalc.....	171
3.3 Выполнение полета. Навигационное сопровождение съемки	181
3.3.1 Предполетная подготовка навигационного комплекса. Монтаж аппаратуры навигационного комплекса на борту летательного аппарата	181
3.3.2 Описание интерфейса окна программы в полете	183
3.3.2.1 Рабочее окно RouteNav	183
3.3.2.2 Карта-схема.....	184
3.3.2.3 Панель индикаторов.....	189
3.3.2.4 Дополнительные датчики	197
3.3.2.5 Инструмент «Линейка».....	201
3.3.2.6 Диалоги	202
3.3.2.7 Режим двух экранов	205
3.3.3 Управление программой	206
3.3.3.1 Основные команды управления меню	206
3.3.3.2 Список дополнительных «горячих» клавиш	207
3.3.4 Описание действий программы RouteNav в полете	207
3.3.4.1 Режимы пилотирования	207
3.3.4.2 Автоматическая смена режима пилотирования и масштаба.....	209
3.3.4.3 Автоматический выбор следующего маршрута.....	211

3.3.4.4 Оценивание качества выдерживания маршрута	212
3.3.4.5 Ведение журнала полетов	212
3.3.5 Описание действий оператора в полете.....	213
3.3.6 Внештатные ситуации	214
3.3.6.1 Потеря связи с ГНСС-приемником и/или высотомерами.....	214
3.3.6.2 Необходимость исправления конфигурации проекта полета.....	215
3.3.6.3 Превышения пределов навигационных величин.....	216
3.4 Воспроизведение/эмulationия полета.....	216
3.5 Анализ результатов полета	218
3.5.1 Анализ выдерживания полета в утилите FlyEstim	218
3.5.3 Работа с траекториями в RouteEditor	221
3.5.2.1 Категория «Треки» в RouteEditor	221
3.5.2.2 Взаимодействие с маршрутами	224
3.5.2.3 Таблица точек траектории	227
3.5.3.4 Статистика по траектории	229
3.5.3.5 Осредненная линия и выделение остановок	230
3.5.3.6 Выполнение редукций.....	231
3.6 Дополнительные возможности навигационного комплекса	234
3.6.1 Работа с двумя ГНСС-приемниками.....	234
3.6.2 Настройка ГНСС-приемников и других устройств в режиме терминала	235
3.6.3 Скрипты настройки устройств	237
4 Инструкрирование членов экипажа воздушного судна	243
Заключение.....	246
Список литературы.....	247
ПРИЛОЖЕНИЕ А Свидетельство о регистрации программы RouteNav.....	250
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Список научных публикаций, посвященных применению ПО RouteNav ..	251
ПРИЛОЖЕНИЕ В Практические задания для обучения работе с RouteNav.....	253
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Работа с петлями ЗСБ в редакторе маршрутов RouteEditor	284
Г.1 Создание расстановок	284
Г.2 Редактирование расстановок	296
Г.3 Сохранение, загрузка, экспорт	303
Г.4 Статистические отчеты по петлям.....	309

Введение

В рамках настоящего методического пособия рассмотрена технология навигационного сопровождения аэрогеофизической съемки с использованием программно-аппаратного комплекса на основе ПО RouteNav версии 2.04 и новее.

Целевой аудиторией пособия являются операторы аэрогеофизической съемки, инженеры-геофизики, геодезисты, топографы, студенты топографо-геодезического и геофизического профиля и иные специалисты, решаящие вопросы навигационно-геодезического обеспечения геологогеофизических работ. Дополнительно с данными методическими рекомендациями (в частности, главой 4) могут быть также ознакомлены члены экипажа воздушного судна, участвующие при выполнении аэрогеофизических работ.

Рекомендации состоят из введения, четырех глав, заключения и приложений. В первой главе максимально сжато даны теоретические основы навигационного обеспечения аэросъемочных и аэрогеофизических работ, включая вопросы применения ГНСС для решения поставленных задач.

Главы 2 и 3 посвящены обзору предлагаемого навигационного комплекса и детальному описанию технологии выполнения навигационного обеспечения с его помощью.

В четвертой главе кратко даны рекомендации по ознакомлению экипажа с навигационным комплексом для обеспечения максимально эффективной и безопасной работы.

Кроме того, данное пособие включает в себя четыре приложения, в которых приводятся: копия свидетельства о регистрации программы для ЭВМ RouteNav; список публикаций, посвященных ей; порядок выполнения практических заданий для обучения азам работы с ПО

RouteNav; ответы на наиболее частые вопросы по предложенному навигационному комплексу.

Программный комплекс RouteNav, рассмотренный в данном пособии разработан и испытан в ЗАО «Аэрогеофизическая разведка».

1 Краткий теоретический экскурс в вопросы навигационного обеспечения аэрогеофизических работ

1.1 Задача навигационного обеспечения аэрогеофизических работ

1.1.1 Навигационно-геодезическое обеспечение аэрогеофизических работ

Навигационно-геодезическое обеспечение геолого-геофизических работ включает в себя комплекс мероприятий по определению пространственно-временных планово-высотных характеристик измерительного комплекса и участка измерений, в частности [1, 2]:

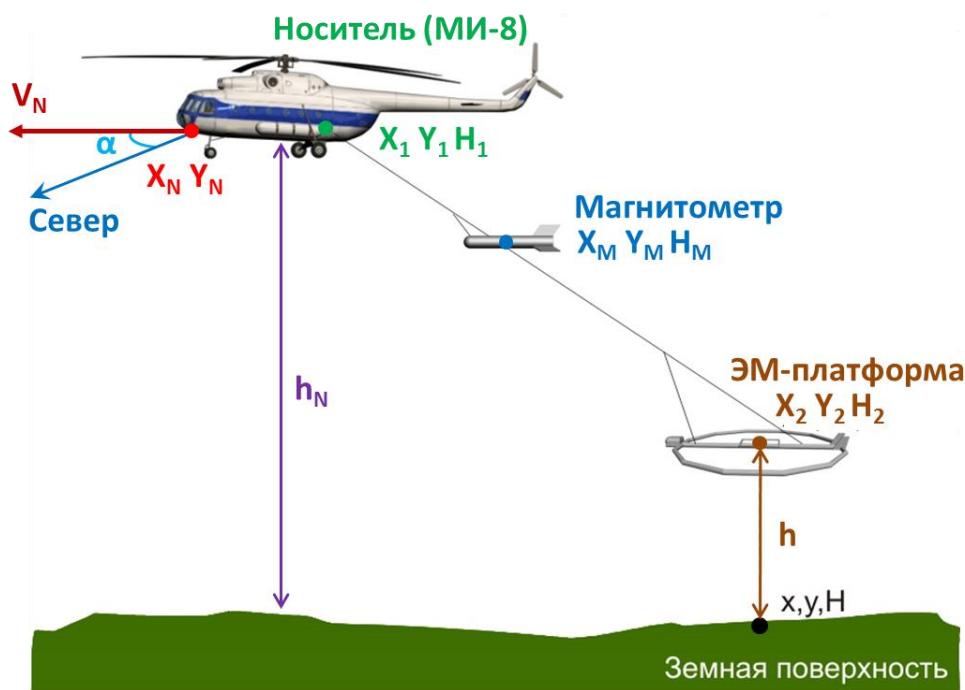
- обеспечение топографическими и/или специальными (геологическими, геофизическими, гидрогеологическими и пр.) картами и планами, а также материалами аэрокосмической съемки на участок работ;
- подготовка на местности пунктов планово-высотного обоснования, сопровождение (геодезическое, навигационное, маркшейдерское и пр.) наблюдений в процессе производства работ;
- определение планово-высотного положения непосредственно измеряемых пунктов.

Для измерений, производимых в движении, эти задачи расширяются обязательной временной привязкой точек траектории измерений, помимо определения их пространственного положения с заданной частотой [3, 4].

В контексте многометодных аэрогеофизических исследований, указанные задачи сводятся к выполнению следующих мероприятий [5]:

- картографическое обеспечение съемки, включая нанесение на картографическую основу проектных маршрутов и занесение их в навигационную аппаратуру;
- подготовительные наземные работы (подготовка геодезической инфраструктуры – базовых станций, локализация и пр.);

- навигационное сопровождение съемки (полет к участку работ, выдерживание маршрутов, возвращение на пункты дозаправки/базирования);
- определение навигационно-геодезических параметров (их перечень зависит от метода аэрогеофизической съемки и применяемой аппаратуры; состав определяемых параметров для системы с выносной электромагнитной платформой и магнитометром показан на рисунке 1.1 [6-8]);



X_N, Y_N, V_N – навигационные координаты и путевая скорость летательного аппарата (ЛА);

h_N – высота ЛА над земной поверхностью;

α – фактический путевой угол;

$X_1, Y_1, H_1; X_2, Y_2, H_2; X_M, Y_M, H_M$ – координаты и высоты ЛА (1), платформы (2),

магнитометра (м);

x, y, H – координаты и высоты пункта измерений (на земной поверхности);

h – высота выносной платформы над земной поверхностью.

Рисунок 1.1 – Навигационно-геодезические параметры аэрогеофизической съемки с выносной электромагнитной (ЭМ) платформой

- ликвидация полевых работ;
- постобработка результатов измерений, контроль материала, предоставление итоговых каталогов измеряемых геодезических параметров с привязкой к общей системе времени с геофизическими измерениями.

Таким образом, навигационно-геодезическое обеспечение аэрогеофизических работ – комплексная часть общей технологии выполнения съемки, требующая особого подхода и в значительной мере влияющая на качество итогового материала [5, 6].

1.1.2 Навигационное обеспечение аэрогеофизики. Навигационные параметры съемки

Из общего комплекса навигационно-геодезического обеспечения можно выделить отдельно навигационную и геодезическую часть, рисунок 1.2.

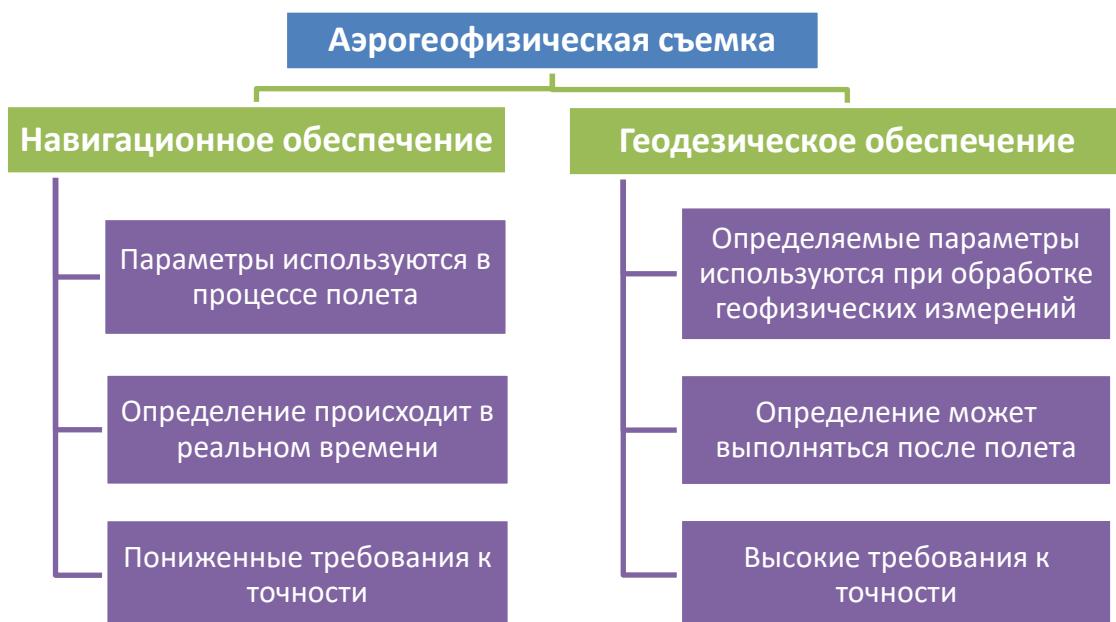


Рисунок 1.2 – Условное разделение навигационно-геодезического обеспечения аэрогеофизических работ

Таким образом, к вопросам навигационного обеспечения относятся, в первую очередь, определение параметров в реальном времени. Требования к ним могут определяться как из масштаба съемки, так и соображений возможностей маневрирования [2-6].

Принципиальными этапами навигационного обеспечения наземных и аэрогеофизических исследований являются:

- **подготовительные работы** (подбор навигационных карт, выбор и подготовка аппаратуры, нанесение проектных маршрутов на геодезическую основу, занесение проектных маршрутов в память навигационной аппаратуры);
- **навигационное сопровождение съемки** (включая выход на участок работ, выдерживание проектных маршрутов с контролем параметров навигации, возвращение на базу или пункты временного базирования);
- **анализ качества навигационного сопровождения**, создание отчетной документации.

Традиционно, к навигационным параметрам относят величины, показанные на рисунке 1.3.

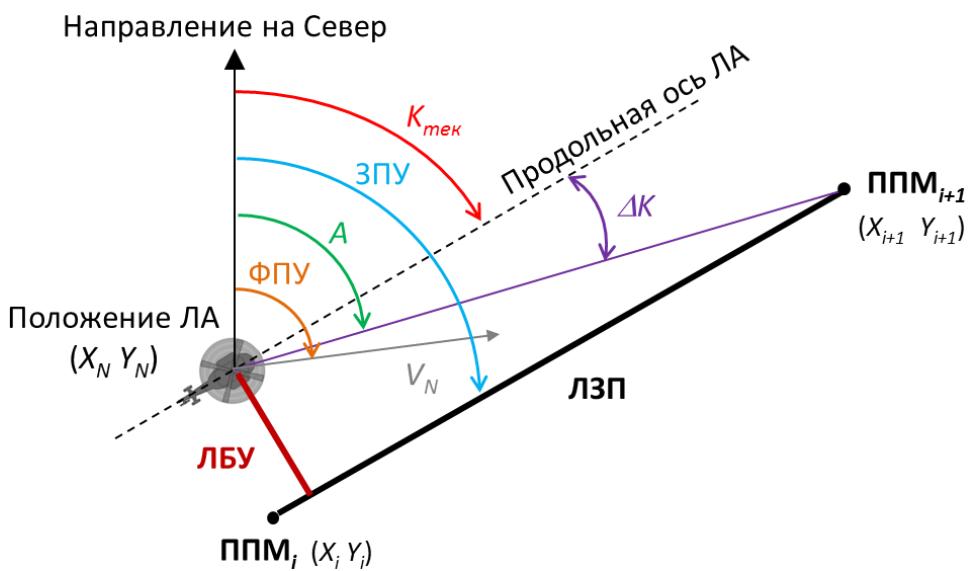


Рисунок 1.3 – Параметры воздушной навигации [3, 7]

На рисунке 1.3:

X_N , Y_N – положение летательного аппарата (ЛА);

V_N – путевая (навигационная) скорость;

ЛЗП – линия заданного пути;

ППМ $_i$ и ППМ $_{i+1}$ – текущий и следующий поворотные пункты маршрута;

A – азимут на ППМ $_{i+1}$; $A = K_{зад}$ – заданный курс полёта;

ЛБУ – линейное боковое уклонение ЛА от линии заданного пути;

ЗПУ – заданный путевой угол;

ФПУ – фактический путевой угол;

$K_{тек}$ – текущий курс полёта;

ΔK – отклонение от заданного курса.

Важно отметить, что непосредственно измеряемыми (или получаемыми посредством навигационной аппаратуры) параметрами являются местоположение ЛА (X_N , Y_N), фактический путевой угол (ФПУ) и скорость (V_N). Остальные величины (уклонения, углы и их разности) вычисляются по ним и по заданным координатам ППМ (X_i , Y_i , X_{i+1} , Y_{i+1}) текущего прямолинейного отрезка из массива проектных маршрутов.

Кроме того, в процессе аэрогеофизической съемки требуется обязательное выдерживание высоты над земной поверхностью (h). Аэроэлектроразведочные работы, как правило, проводятся на сверхнизких высотах, из-за чего при пилотировании существует необходимость балансирования между безопасностью полета и обеспечением качества съемки.

Таким образом, навигационное обеспечение должно решать задачи направления летательного аппарата в процессе съемки и выдерживания навигационных параметров в заданных пределах (исходя, в первую очередь, из ТЗ, а также инструкций и рекомендаций [1-4]). Подготовительные и камеральные работы по навигационному

обеспечению призваны обеспечить определение и оценку указанных параметров.

1.1.3 Навигационные комплексы

Выполнение навигационного обеспечения (в первую очередь, навигационного сопровождения) выполняется специализированными программно-аппаратными комплексами, называемыми далее навигационными комплексами (НК).

Основными этапами навигационного сопровождения, обеспечиваемыми НК являются:

- вывод воздушного судна на заданную точку местности (начало съемочного маршрута или базу):
 - определение текущих координат и курса;
 - рекомендации по корректировке курса для достижения цели;
- выполнение съемки по маршрутам:
 - определение текущих координат и курса;
 - выдерживание линии заданного съемочного маршрута в пределах допустимых боковых уклонений;
 - выдерживание путевой скорости и высоты полета;
- определение и согласование с экипажем порядка захода на проектный маршрут и выхода с него на соседний.

Навигационное обеспечение выполняется с помощью специализированной навигационной аппаратуры (в первую очередь, приемников глобальных навигационных спутниковых систем – ГНСС, высотомеров и иной вспомогательной аппаратуры), которая может являться как моноблочной, так и быть представленной в виде комплекса из различных программно-аппаратных компонентов.

В данных методических рекомендациях описан НК на основе ПО RouteNav. Аналогами являются программы и устройства, реализующие те же функции полностью или частично [8-10].

1.2 Применение ГНСС-технологий для навигационного обеспечения аэрогеофизических работ

1.2.1 Общие сведения о ГНСС

В настоящее время технологии, основанные на применении глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) наиболее эффективны для решения задач навигационного обеспечения геологоразведки [2-6].

ГНСС – это системы, предназначенные для определения местоположения и скорости движения, а также точного времени посредством приема сигналов искусственных спутников Земли (ИСЗ).

ГНСС применимы в любой точке Земли (за исключением полярных областей, в силу наклона орбитальных плоскостей спутников), не зависят от времени суток и устойчивы к сложным погодным условиям. В настоящее время наиболее эффективны для навигации вне помещений, так как прием спутниковых сигналов требует обеспечения беспрепятственного обеспечения видимости.

В настоящее время полностью или частично развернуты и функционируют по крайней мере четыре ГНСС: GPS (США, старое название NAVSTAR), ГЛОНАСС (Россия), Galileo (Евросоюз), BeiDou (КНР).

Развитие ГНСС привело к повышению точности координатно-временного обеспечения, и получению к ним доступа гражданских пользователей. Подробно ГНСС описаны в технических и учебных

пособиях [11-15], рекомендуемых к обязательному ознакомлению специалистов.

Все ГНСС состоят из трёх основных сегментов [10-15]:

- космический сегмент, включающий в себя навигационные космические аппараты (НКА). Обычно, в созвездии одной системы от 24 НКА, расположенных в нескольких орбитальных плоскостях;
- сегмент управления и контроля, включающий в себя специальные станции слежения за НКА и передачу на них необходимой информации (корректировка часов, обновление навигационных сообщений и пр.);
- пользовательский сегмент – аппаратура для приема сигналов НКА и определения по ним точного времени и местоположения пользователей.

Схематично данная структура показана на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Сегменты ГНСС

На станциях управления и контроля выполняется отслеживание спутников, вычисление параметров их орбит и корректирование

внутренних часов. На спутники космического сегмента посылаются данные для формирования навигационного сообщения. Пользователи принимают в одностороннем порядке сигналы спутников (не менее 4) и по навигационным сообщениям получают свое местоположение.

Описанный принцип функционирования ГНСС показан на рисунке 1.5 [2].

Получение пользователем координат выполняется по измерениям расстояния до каждого принимаемого спутника (по разности времени или по измерению фазы несущей) и координатам спутников, извлекаемым из навигационного сообщения вместе с метками точного времени.

Такой метод ГНСС-измерений, не предполагающий применения пользователем сторонних данных (базовых станций, уточнённых параметров орбит и пр.) называется абсолютным методом измерения и обеспечивает точность (погрешность) уровня нескольких метров.

Более точные методы позволяют пользователю получать свои координаты с точностью первых сантиметров и миллиметров, но требуют применения специальной высокоточной аппаратуры и наличия внешних данных.

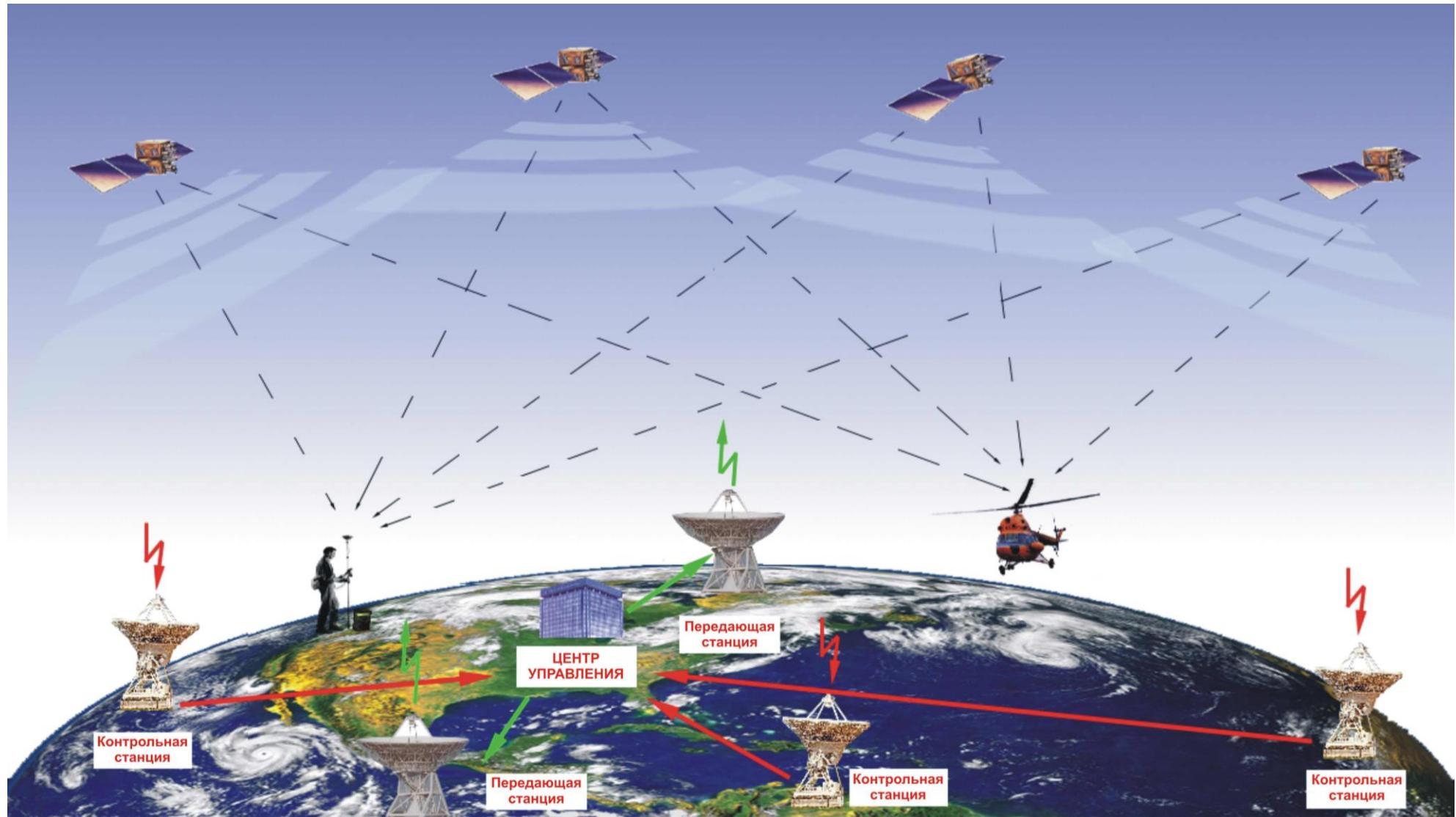


Рисунок 1.5 – Функционирование сегментов ГНСС [2]

1.2.2 ГНСС-аппаратура потребителя

Гражданская аппаратура пользователя ГНСС в настоящее время широко представлена на рынке и может быть классифицирована исходя из различных критериев. Самая распространенная классификация – по классу точности – неразрывно связана с используемым принципом измерений дальностей до спутников [2, 11-15]:

– навигационные (кодовые) приемники – ГНСС-аппаратура, принцип измерений которой основан на использовании информации, содержащейся в коде, передаваемом спутниками на частоте L1.

– геодезические (фазовые) ГНСС-приемники выполняют измерения посредством анализа фазы несущей спутниковых сигналов на одной (L1) или двух (L1+L2) частотах.

Навигационные (кодовые) приемники имеют невысокую точность (СКП на уровне первых метров), однако такая аппаратура имеет относительно низкую стоимость [2, 11-15]. Такая точность удовлетворяет решению задач навигации.

Иногда кодовые ГНСС-приемники имеют возможность сглаживания решения по фазе несущей, позволяющую получать координаты с точностью на уровне 0,5 – 1 м.

Примеры кодовых ГНСС-приемников различного назначения приведены на рисунке 1.6.

В настоящее время кодовая ГНСС-аппаратура встраивается в потребительские товары (сотовые телефоны, фитнес-браслеты и пр.), а чипы и антенны имеют минимальные габариты (значительно менее монеты в 1 евро-цент).



- а) авиационный приемник AERO500 фирмы Garmin (США);
 б) морской навигатор ENC NAVIS-2500 от КБ «Навис» (Россия) и Samyung (Ю. Корея);
 в) персональный навигатор НТ-1813 от АО «РИРВ» (Россия);
 г) смарт-антенна B/U 353 производства GlobalSat (Тайвань);
 д) Модуль GPS Fastrex с антенной от компании U-Blox (Китай);
 е) автомобильный трекер GalileoSky 3G v5.1 ООО НПО «ГалилеоСкай» (Россия)

Рисунок 1.6 – Примеры навигационной спутниковой аппаратуры различных производителей

Геодезические (фазовые) приемники позволяют получать координаты пользователя с более высокой точностью (отдельные методы измерений позволяют добиться миллиметрового уровня погрешностей). Измерение фазы несущей может выполняться на одной (L1) или двух (L1+L2) и более частотах.

Точность такой аппаратуры позволяет применять ее для решения сложных инженерных задач – от изысканий и строительства до

поддержания и мониторинга деформаций координатных основ различных стран.

Примеры различной геодезической ГНСС-аппаратуры приведены на рисунке 1.7.



- а) одночастотный ГНСС-приемник Viva Uno компании Leica GNSS (Швейцария)
- б) двухчастотный ГНСС-приемник SPS 461 производства Trimble (США)
- в) авиационный ГНСС+ИНС приемник SPAN V3 компании NovAtel Inc. (Канада)
- г) моноблочный одночастотный ГНСС-приемник Sokkia Stratus (Япония)
- д) моноблочный двухчастотный ГНСС-приемник Javad Triumph VS (США)

Рисунок 1.7 – Примеры геодезической спутниковой аппаратуры различных производителей

В силу широкого разнообразия инженерных задач, требующих точного позиционирования с применением фазовой аппаратуры, геодезические приемники могут различаться по количеству частот, на которых измеряется фаза несущей (одночастотные, двухчастотные), по количеству принимаемых ГНСС (односистемные, мультисистемные), количеству каналов приема, конструктивному исполнению (моноблочные, модульные, OEM) и пр. Кроме того, геодезическая аппаратура может иметь различное методическое назначение (аппаратура для базовых станций, универсальные приемники), из чего будут исходить ее характеристики.

Многие современные геодезические приемники могут изначально иметь возможность работы с двумя частотами, несколькими ГНСС и иметь входы и выходы для различного телематического оборудования, однако данные функции при этом могут быть заблокированы и приобретаться в качестве дополнительных опций.

Типичная точность геодезических ГНСС-приемников при позиционировании относительным методом (подробнее о методах – в п.п. 1.2.3) при удалении от базовой станции не более 50 км составляет 5 мм + 1 мм/км в плане и 10 мм + 1.5 мм/км по высоте. Для кинематики погрешности, как правило, в 1,5 – 2 раза выше.

1.2.3 Методы ГНСС-измерений

Точностные характеристики аппаратуры зависят также и от метода и режима выполнения измерений. Существует несколько методов выполнения спутникового позиционирования, в основе которых лежит способ получения координат [2, 10-15]:

- абсолютный (то есть непосредственно по данным спутниковых наблюдений одним приёмником);

- дифференциальный (измерения с учётом поправок от одной или нескольких опорных станций с известными координатами);
- относительный (вычисление координат посредством совместной обработки измерений опорной и определяемой станций).

В современных классификациях также может упоминаться метод Precise Point Positioning (PPP), основанный на применении предсказанных или апостериорных точных орбит и поправок к спутниковым часам. В данном методе используется один приемник, однако необходимы сторонние данные, получаемые, как правило, сетями референцных станций [16,17].

Кроме того, наблюдения могут выполняться в режиме реального времени (Real-time), когда точные координаты доступны непосредственно на пункте наблюдений, и в режиме с постобработкой (PostProcessing), предполагающей получение конечного результата после завершения наблюдений и дополнительной обработки полученных данных в специализированных программах. Реализация дифференциального и относительного метода в режиме реального времени называется режимом RTK (Real-time Kinematic).

Абсолютный метод определения координат предполагает использование одного спутникового приемника. В данном методе, спутники глобальной навигационной системы являются опорными геодезическими пунктами, а местоположение пользователя определяется решением линейной засечки по измеряемым дальностям ρ_i , рисунок 1.8.

Точность абсолютного метода позиционирования с использованием гражданской кодовой спутниковой аппаратуры находится в пределах 3 – 10 м. Измерения данным методом выполняются, как правило, навигационной (кодовой) аппаратурой.

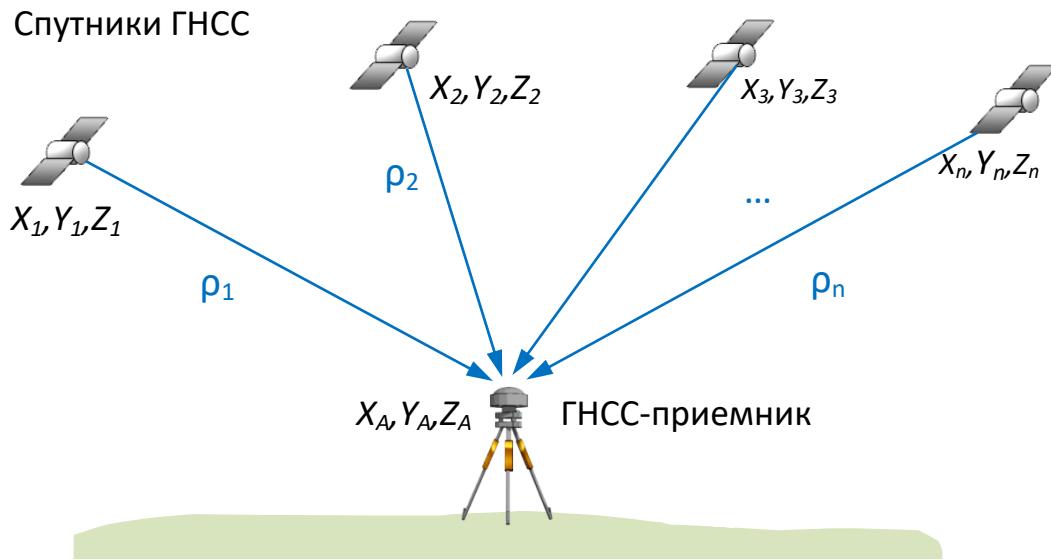


Рисунок 1.8 – Абсолютный метод ГНСС-измерений

Преимуществом абсолютного метода является отсутствие необходимости во внешних данных – приемнику для получения координатного решения достаточно информации, получаемой со спутников ГНСС.

В основу **дифференциального метода** спутникового позиционирования положена идея использования поправок от базовой контрольно-корректирующей станции (БС, ККС) или сети таких станций при выполнении (или обработке) измерений мобильной станцией (МС), координаты которой необходимо определить.

Принцип дифференциального метода позиционирования схематично представлен на рисунке 1.9.

Дифференциальный метод применяется для повышения точности как навигационной, так и геодезической спутниковой аппаратуры. Кодовые дифференциальные способы (Differential GNSS – DGNSS, ранее DGPS) повышают точность навигации до 1 – 2 м. Фазовый дифференциальный способ позиционирования (Phase DGPS – PDGNSS) повышает точность

позиционирования геодезической спутниковой аппаратурой до уровня первых сантиметров [7–9].

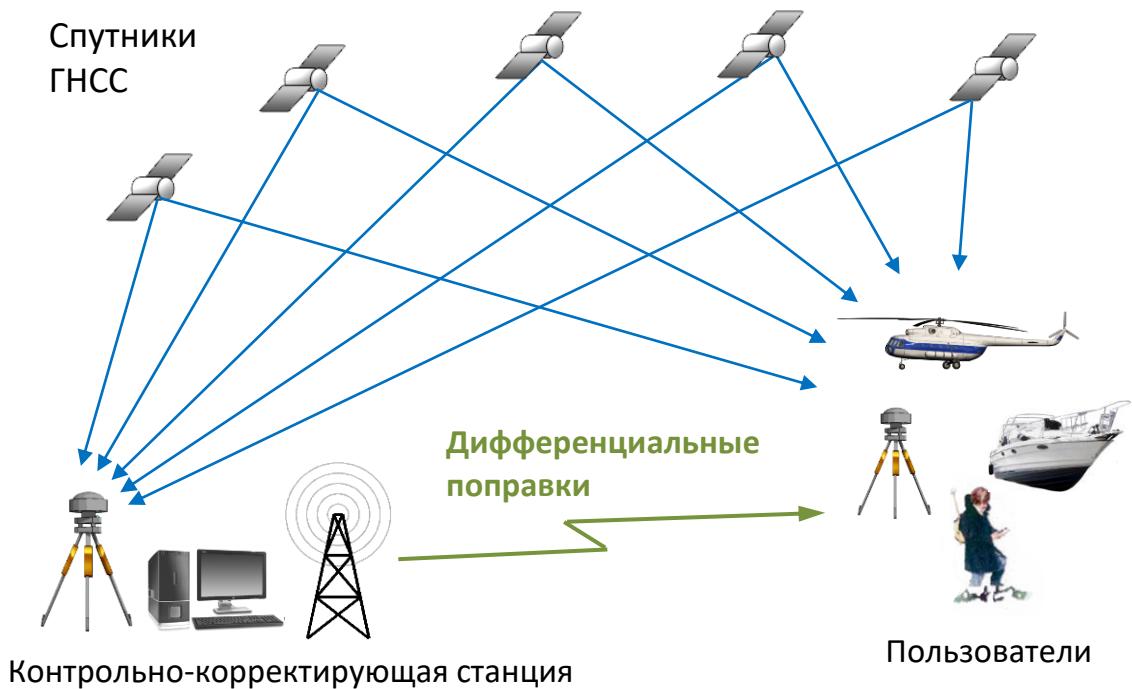


Рисунок 1.9 – Принцип дифференциального метода позиционирования

Для передачи поправок могут быть использованы специальные спутники, размещаемые, как правило, на геостационарных орбитах. Такие системы называют широкозонными дифференциальными спутниковыми подсистемами (Wide-Area Differential GNSS – WADGNSS) или спутниковыми дифференциальными подсистемами (Satellite Based Augmentation Systems – SBAS)

В данном методе надежность поправок понижается с удалением пользователя от ККС.

Относительный метод позиционирования считается наиболее точным. В основу метода положена совместная обработка результатов одновременных измерений двумя спутниковыми приёмниками – базовой станцией (БС) и мобильной станцией (МС). При обработке определяется

вектор между ними, называемый базовой линией (БЛ). Как и в дифференциальном методе, базовая станция должна иметь точные известные координаты.

Принцип относительного метода позиционирования показан на рисунке 1.10.

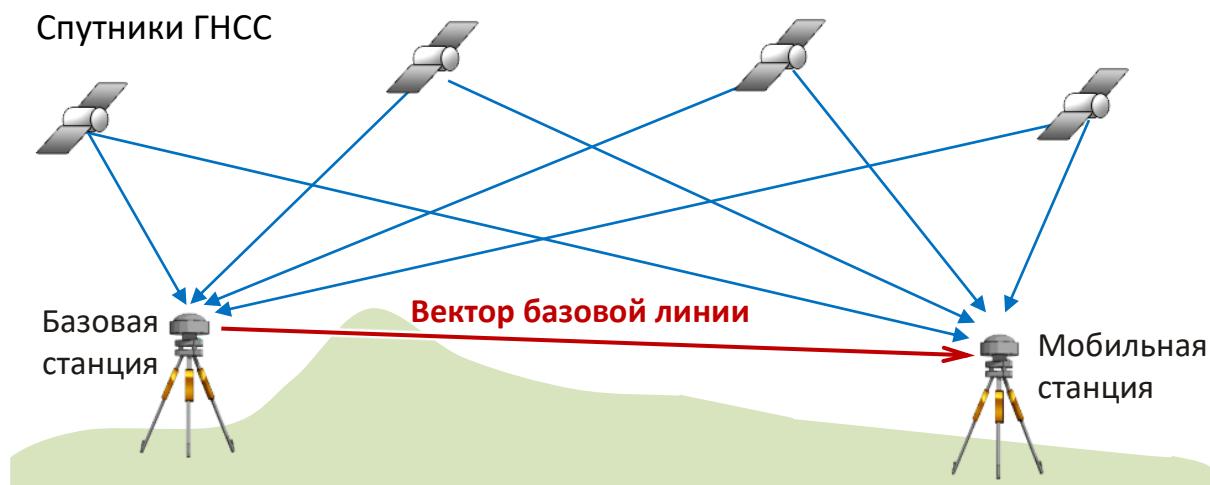


Рисунок 1.10 – Принцип относительного метода спутникового позиционирования

Точность определения координат относительным методом с применением кодовых приемников примерно соответствует дифференциальным наблюдениям. Данный метод чаще применяется для геодезических (фазовых) приёмников, позволяя добиться более высокой точности, чем точность, обеспечиваемая дифференциальными поправками.

Может быть реализован как в постобработке, так и в реальном времени (режим Real-Time Kinematic – RTK) с передачей данных от БС к МС по радиоканалу или GSM.

Метод **Precise Point Positioning** основан на повышении точности измерений одним спутниковым приемником за счет применения точных апостериорных параметров орбит (эфемерид) и поправок к часам спутников. В постобработке метод PPP обеспечивает СКП

позиционирования в несколько сантиметров, а в кинематике – до первых дециметров и точнее [16-18], рисунок 1.11.

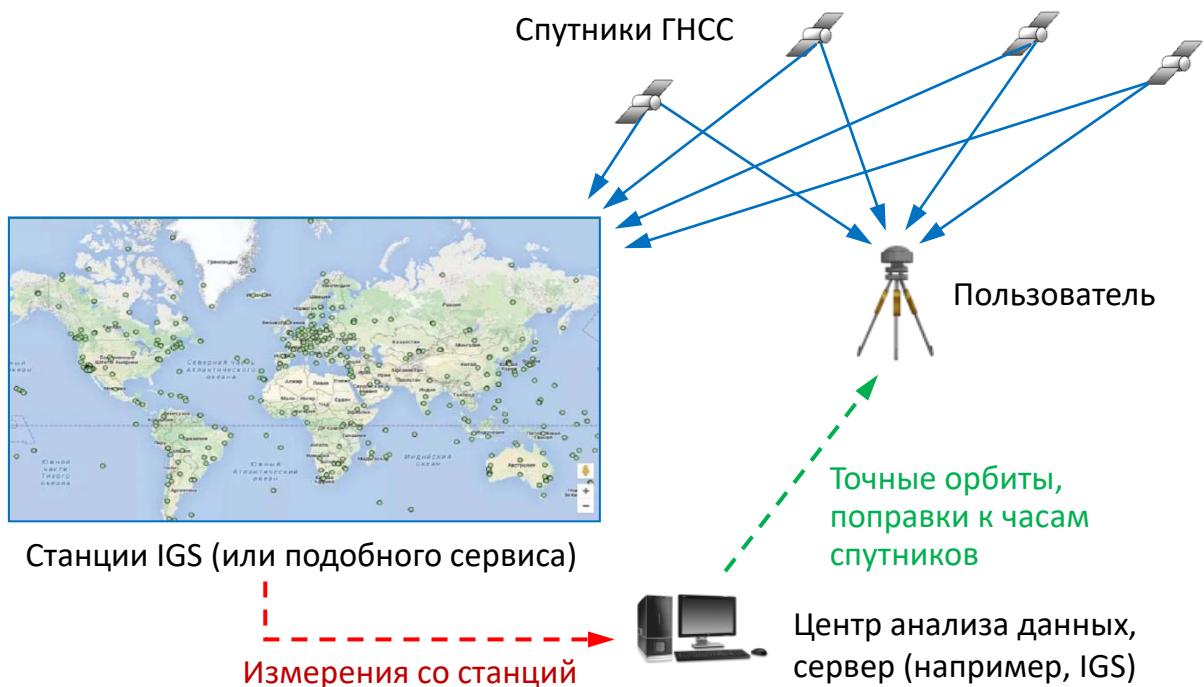


Рисунок 1.11 – Схема метода PPP

Файлы эфемерид и поправок к часам навигационных спутников могут быть взяты в сети Интернет, например, с сервера Международной ГНСС службы IGS (International GNSS Service). IGS получает эту информацию в результате обработки совместных измерений более, чем с 400 активных (постоянно действующих) базовых станций, расположенных по всему миру, в том числе, и в России.

Кроме того, существуют различные платные региональные сервисы, предлагающие данные для PPP-обработки как в виде архивных данных через Интернет, так и в реальном времени, например, через спутниковую трансляцию (OmniStar, StarFire и пр.).

В целом, точности позиционирования различными методами и их зависимость от расстояния между МС и БС (если метод предполагает её наличие), показаны на рисунке 1.12 [19].

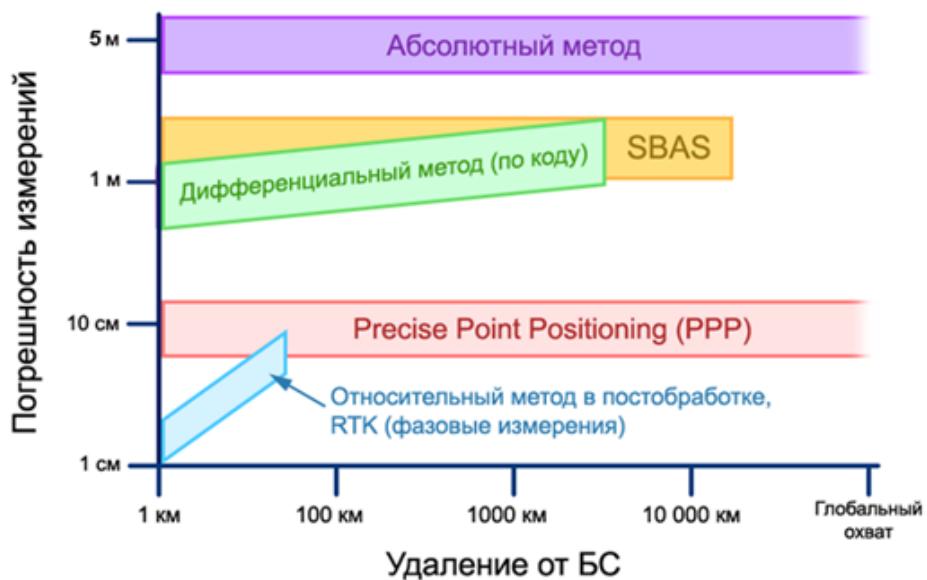


Рисунок 1.12 – Точность ГНСС-позиционирования различными методами

В целом, каждый метод позиционирования имеет свои преимущества и недостатки, а их выбор зависит от типа используемой аппаратуры, требуемой точности и наличия необходимых условий.

Так, для реализации относительно и дифференциального метода подразумевается наличие базовых станций с известными координатами, а также каналов связи при их реализации в реальном времени, а для метода PPP необходим источник точных апостериорных орбит и поправок к спутниковым часам.

1.2.4 Системы координат, высот и времени, применяемые в ГНСС

1.2.4.1 Системы координат. Датумы

Координатные вычисления в ГНСС-технологиях осуществляются в общеземных **пространственных геоцентрических системах координат** (Earth Centered, Earth Fixed – ECEF), называемых также картезианскими (cartesian).

Начало таких СК находится в центре масс Земли, ось OZ направлена на условный северный полюс, оси OXY лежат в экваториальной плоскости, ось OX проходит через Гринвичский меридиан, а ось OY дополняет СК до правой, рисунок 1.13.

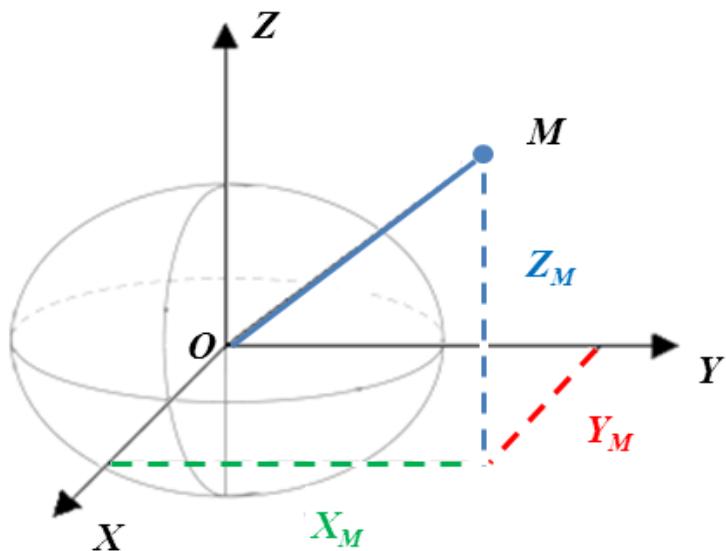


Рисунок 1.13 – Пространственная геоцентрическая СК

Координаты выводятся в виде декартовых X , Y , Z (пространственные координаты относительно центра масс Земли). Единицы измерения – метры.

Примеры общеземных СК: WGS-84 и ПЗ90, применяемые в GPS и ГЛОНАСС соответственно.

Использование таких координат для представления местоположения объектов неудобно. Так, например, координаты центра г. Новосибирска в пространственной геоцентрической СК WGS-84 будут иметь вид:

$$X: 446\,845,400 \text{ м}; \quad Y: 3\,639\,263,300 \text{ м}; \quad Z: 5\,201\,383,500 \text{ м}.$$

Для более простого и наглядного представления, координаты проектируют на математическую поверхность – общеземной эллипсоид и

получают координаты на нем (в виде углов в экваториальной плоскости – широта B и плоскости меридиана – долгота L) и высот точек над его поверхностью (H) по нормали к поверхности. При этом, исходная прямоугольная система остается прежней, а центр эллипсоида соответствует началу исходной системы координат (датума).

Такие координаты называют **геодезическими**, рисунок 1.14.

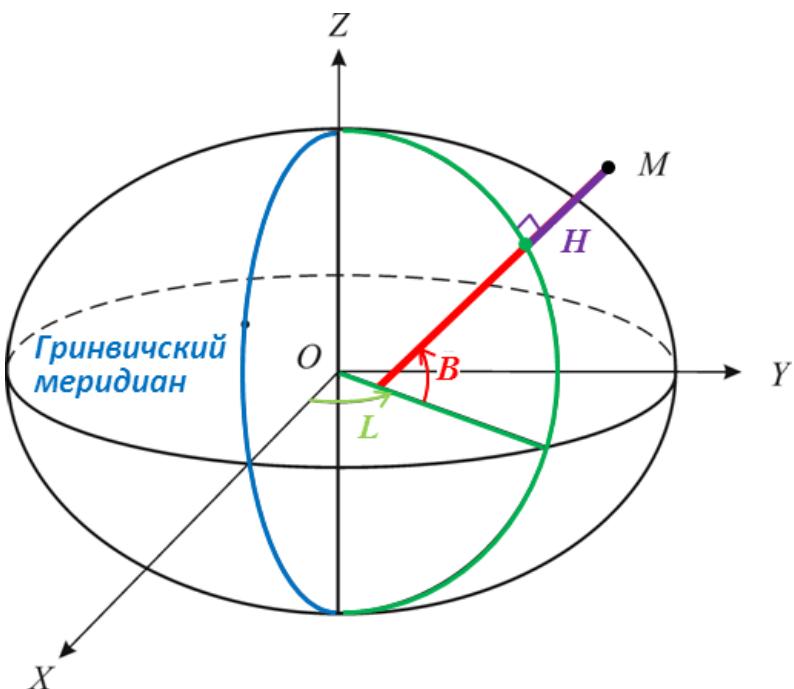


Рисунок 1.14 – Геодезические координаты

Для перехода от исходного датума к геодезическим координатам, необходимо знать параметры эллипсоида – большую полуось a , полярное сжатие α .

Геодезические координаты представляются в виде угловых градусов для широты и долготы и в метрах для высоты над эллипсоидом.

Примеры геодезических СК являются: WGS-84, СК42, СК95, ГСК2011 и прочие общеземные геодезические СК. Для WGS-84 используется одноименный общеземной эллипсоид, для СК42/95 – референц-эллипсоид Красовского.

Пример геодезических координат в WGS-84 для того же объекта:

$$B: N 55^{\circ} 01' 35,10'' \quad L: E 82^{\circ} 55' 16,90'' \quad H: 113,20 \text{ м.}$$

Где N и E указывают северное полушарие относительно экватора и Восточное положение относительно Гринвичского меридиана.

Проблемой геодезических систем координат является неудобство при выполнении инженерных расчетов в угловых величинах и отображение их на плоскости. Поэтому используются **проецированные координаты**.

Такие координаты используются в картографии и для выполнения инженерных работ и вычислений. Существует большое разнообразие методов проецирования и наборов параметров, однако в геодезии наиболее широкое применение имеют **поперечно-цилиндрические равноугольные проекции** Гаусса-Крюгера и Меркатора, имеющие общий принцип вычисления.

Системы координат, основанные на проекции Гаусса-Крюгера и поперечной Меркатора предполагают минимальные искажения внутри одной зоны (обычно 3° или 6°), рисунок 1.15. Внутри каждой зоны координаты x (на север вдоль оси меридиана), y (на Восток вдоль экватора) будут отображаться в метрах.

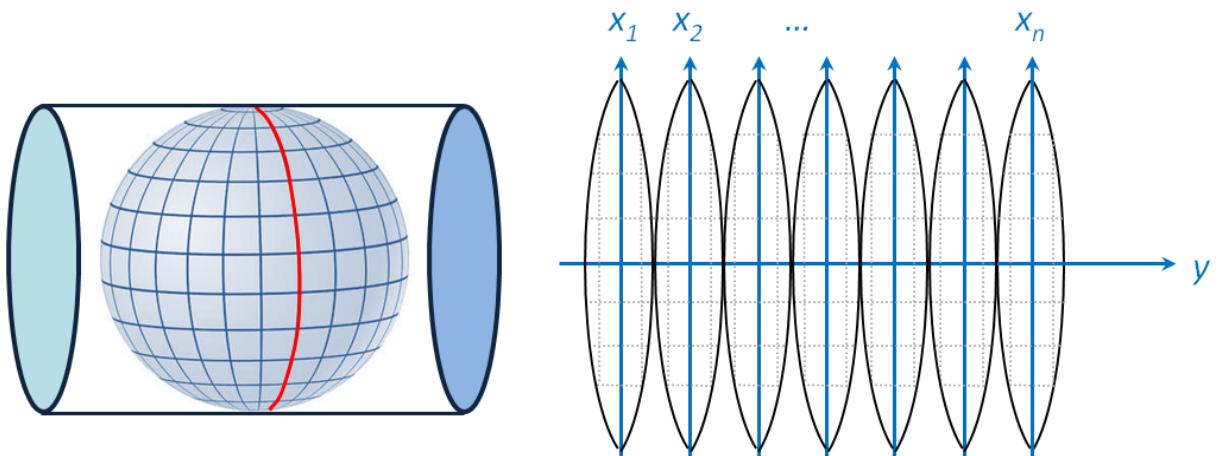


Рисунок 1.15 – Проекции Гаусса-Крюгера и поперечная Меркатора

В силу направления осей, проецированные системы координат являются левыми. Из-за этого важно учитывать, что x является осью ординат, а y – абсцисс, а не наоборот, как принято в правых декартовых системах координат.

Математический алгоритм проецирования для СК42/СК95 на эллипсоид Красовского закреплен в ГОСТ [20].

При проецировании в указанные проекции используются следующие параметры:

- начальная широта (B_0 , как правило, равна 0) и долгота проецирования (L_0 , зависит от номера зоны);
- масштабный коэффициент (m ; для Гаусса-Крюгера: $m = 1$, для UTM: $m = 0,9996$);
- сдвиг начала системы координат на Север (False Northing – FN) и Восток (False Easting – FE).

Примеры систем проецированных координат: Universal Transverse Mercator (UTM) WGS-84, СК42 (Пулково 1942) в проекции Гаусса-Крюгера, Местные СК Российской Федерации.

Во избежание отрицательных координат по оси y , как правило, задается сдвиг FE , превышающий ширину зоны (для СК-42/95 и UTM – 500 км).

В системах координат UTM, СК42 и СК95 могут использоваться такие сдвиги по y , которые позволяют идентифицировать номер зоны (в разрядах миллионов). Например, приближенные координаты часовни в центре г. Новосибирска будут иметь вид:

$$x: 6\ 101\ 897,06 \text{ м}; \quad y: 14\ 622\ 908,23 \text{ м}; \quad H^{\gamma}: 150,0 \text{ м}.$$

По данным координатам легко определить, что используется 14-й номер зоны. В некоторых программах номер зоны отбрасывается.

В различных системах координат, номера зон могут отсчитываться от разных начальных меридианов (UTM – от 180° Западной долготы, СК 42/95 – от Гринвичского меридиана).

С проецированными системами координат могут использоваться различные высоты (в РФ принято использовать нормальные высоты в Балтийской системе высот 1977 года).

1.2.4.2 Системы высот

Пересчет высот является отдельной проблемой в ГНСС-измерениях: в спутниковых системах в качестве уровенной поверхности для отсчета высот H используется математическая модель – общеземной эллипсоид или референц-эллипсоид (например, WGS-84, ПЗ-90, Красовского). Выполнение измерений классическими методами геодезии исторически велось над уровнями поверхностями, определяемыми гравитационным полем Земли (например, при горизонтировании угломерных инструментов с использованием жидкостных уровней).

Физическая уровенная поверхность Земли, определяемая гравитационным полем – геоид, имеет неоднородную структуру. Высоты над геоидом называются ортометрическими. Для перехода к ортометрическим высотам H^g , применяемым в классических методах геодезии, необходимо вводить поправку за аномалию высот ζ [11-15].

В силу неопределенности детальной фигуры геоида, в качестве уровенной поверхности в Российской Федерации традиционно используется квазигеоид – модель, предложенная Н.С. Молоденским, посредством которой получают поправки за аномалии высот, рисунок 1.16. Высоты над квазигеоидом называют нормальными высотами H' .

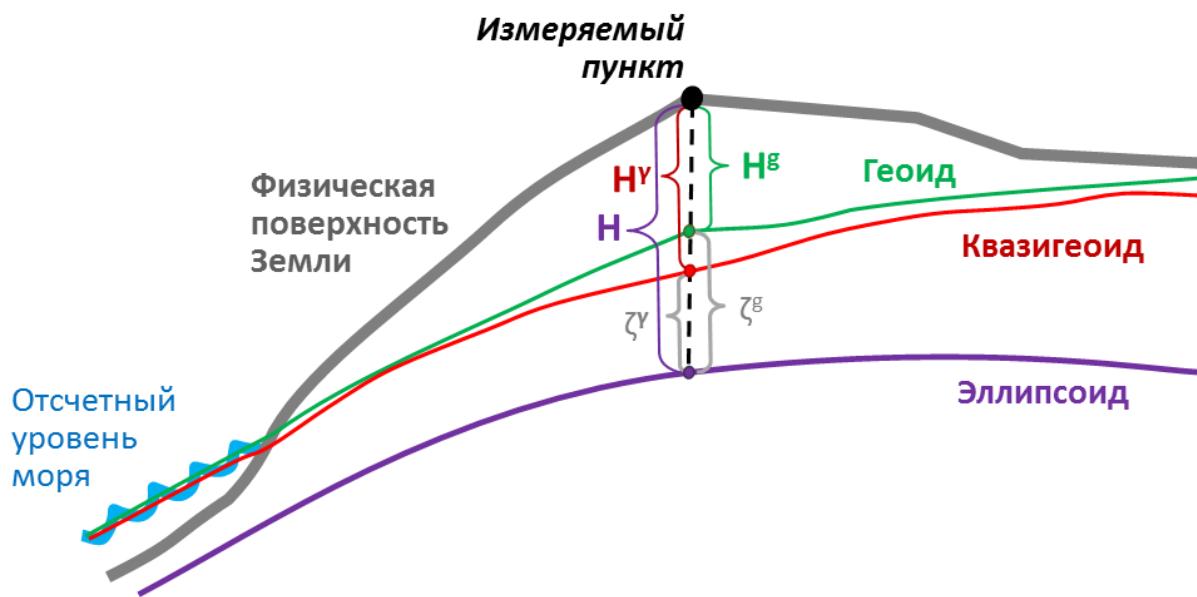


Рисунок 1.16 – Связь высот, используемых в ГНСС

Рисунок 1.16 является упрощенным, так как не учитывает направление нормалей к уровненным поверхностям, однако позволяет представить связь между высотами над указанными уровненными поверхностями.

Помимо квазигеоида, существуют более точные эмпирические модели геоидов, полученные в последние годы различными методами наземных и космических гравиметрических исследований [21-23].

При приближенных расчетах считается, что гравитационная аномалия геоида ζ^g равна гравитационной аномалии кавзигеоида ζ^g и может быть обозначена как ζ . Следовательно, ортометрическая высота H^g может быть приравнена к нормальной H^y и вычислена по формуле:

$$H^y = H + \zeta.$$

Погрешность получения высоты будет зависеть от точности модели геоида. В настоящее время в ГНСС-технологиях наиболее часто

применяется модель EGM08 [22, 23], позволяющая получать нормальные высоты с точностью (СКП) не грубее нескольких сантиметров.

Отечественная модель геоида ГАО-2012 позволит переходить наиболее точно к Балтийской системе высот 1977 года (БСВ-77), используемой на территории Российской Федерации несколько грубее.

1.2.4.3 Углы направлений (азимуты)

Решение навигационных и геодезических задач неотрывно связанно с определением направлений. Наличие разных систем координат и технических средств получения азимутов может привести к неопределенности и появлению ошибок.

Наиболее распространенные углы ориентирования (азимуты) в геодезии это:

- истинный азимут A – угол ориентирования, отсчитываемый от направления на географический север;
- магнитный азимут A_m – угол ориентирования, отсчитываемый от направления на магнитный север. Угол между направлением на географический и магнитный север называется магнитным склонением δ ;
- дирекционный угол α – угол ориентирования, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана зоны (то есть, задаваемый сеткой используемой прямоугольной проекции). Угол между осевым меридианом зоны и направлением на географический север называется Гауссовым сближением меридианов γ . Дирекционный угол может быть вычислен через тангенс разностей координат точек 1 и 2, между которыми он измеряется:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1},$$

где x_i, y_i – проецированные координаты точек 1 и 2 (на Север и Восток соответственно).

Все перечисленные углы азимуты отсчитываются по часовой стрелке от северного направления, соответствующего конкретному азимуту и представляются в пределах от 0° до 360° . На рисунке 1.17 изображены азимуты и склонения, перечисленные выше.

В силу особенностей прямоугольных проекций (например, Гаусса-Крюгера или UTM), разности между направлением на север истинного азимута и дирекционного угла (Гауссовы сближения) с точки 1 на точку 2 будут зависеть от положения точки 1.

Истинный меридиан

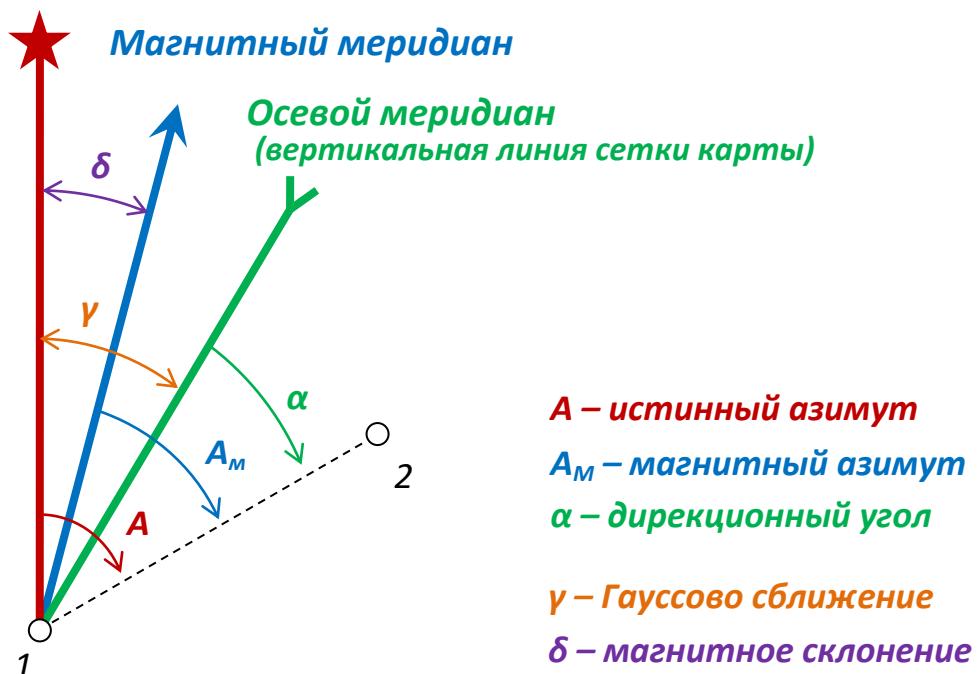


Рисунок 1.17 – Виды азимутов

На рисунке 1.18 изображены изменения Гауссова сближения меридианов в зависимости от расположения точки 1.

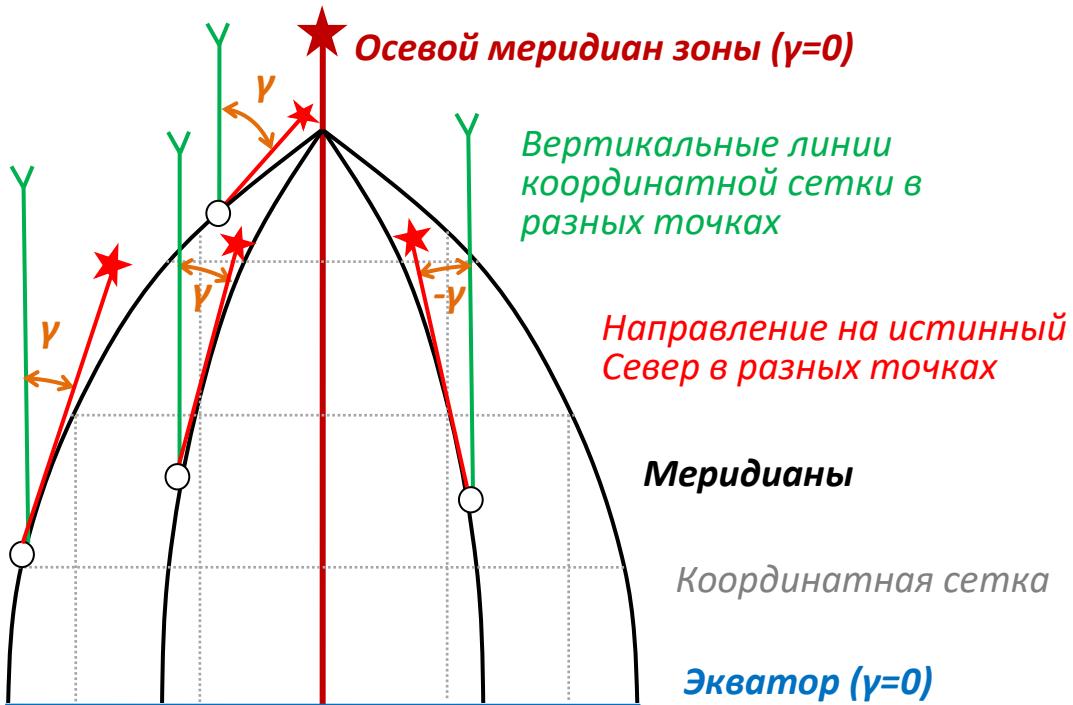


Рисунок 1.18 – Изменения Гауссова сближения меридианов в зависимости от местоположения точки

Связь между дирекционным углом и истинным азимутом может осуществляться вычислением γ по приближенной формуле:

$$\gamma = (L - L_0) \sin B,$$

где L_0 – долгота осевого меридиана зоны;

B, L – широта и долгота точки, от которой определяется направление.

В ГНСС могут использоваться все перечисленные азимуты.

Направление движения, например, как правило, определяется по истинному меридиану, ориентация приемника может определяться по электрокомпасу. Дирекционные углы при этом зачастую используются для внутренних вычислений.

Протокол NMEA0183, в котором выводятся измерения кодовых приемников, предполагает вывод истинных азимутов.

1.2.4.4 Системы времени

В существующих ГНСС используются различные шкалы времени, как правило, жестко связанные с международным координированным временем UTC в Гринвичской зоне (GMT+0).

Например, время GPS (GPST), наиболее часто используемое при выводе результатов измерения, связано с UTC по формуле:

$$T_{GPS} = T_{UTC} + t_{LS},$$

где t_{LS} – сдвиг в секундах (Leap second) за счёт обновления UTC с 1980 года (на 2019 год составлял 18 секунд).

Свои шкалы времени имеют ГНСС ГЛОНАСС, BeiDou и Galileo, однако вывод результатов измерений в них, как правило не производится. Стоит отметить, что все перечисленные системы времени также имеют привязку к UTC.

Сам формат вывода времени может также иметь различную форму. Так время, выдаваемое приемником и некоторыми программами обработки ГНСС-измерений может приводиться в секундах текущей GPS-недели (Time of week – T_{TOW}). Текущее время суток в Гринвичской зоне GMT+0 (T_{DAY}) можно получить по формуле [11]:

$$T_{DAY} = T_{TOW} - n \cdot 86400,$$

где n – номер текущего дня недели (от воскресения).

1.2.4.5 Порядок пересчета координат

Переход от одной системы координат к другой осуществляется на уровне прямоугольных координат X, Y, Z или широты, долготы и высоты B, L, H .

В первом случае используются семь параметров пересчета (сдвиг по осям T_X, T_Y, T_Z , углы поворота по осям $\omega_X, \omega_Y, \omega_Z$, масштабный

коэффициент μ) по формулам Гельмерта. Иногда могут применяться параметры Бурша-Вульфа, отличающиеся противоположным знаком углов поворота.

В случае пересчета геодезических координат из одной системы координат ($СК_1$) в другую ($СК_2$), используются формулы Молоденского, в которых к семи параметрам пересчета добавляются разности параметров эллипсоида – больших полуосей Δa и сжатия $\Delta \alpha$.

Переход к плоским координатам новой СК будет осуществлен уже от обновленных геодезических координат. Таким образом, пересчет будет осуществляться по схеме, показанной на рисунке 1.19 [11].

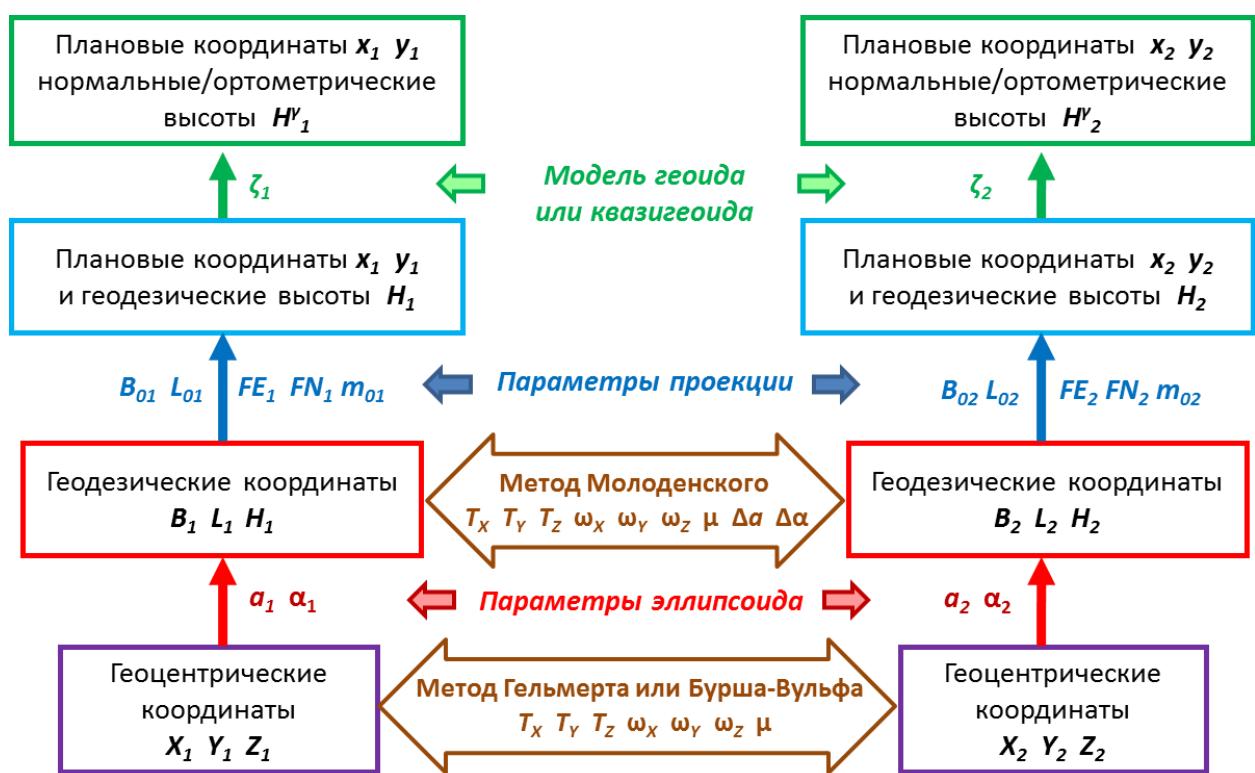


Рисунок 1.19 – Координатные преобразования, применяемые при работе с ГНСС

Формулы и параметры пересчета из WGS-84 в системы геодезических координат, используемые на территории Российской Федерации (Системы

координат 1942, 1995 года – СК-42 и СК-95; ПЗ-90 и пр.), содержатся в ГОСТ [20].

Кроме того, существуют местные системы координат субъектов РФ, основой которых служат системы координат СК-42 или СК-95 и проекция Гаусса-Крюгера.

Пересчет в другие системы координат и проецирование могут приводить к возникновению погрешностей, связанных с параметрами пересчета и деформацией опорных сетей различных систем координат.

1.2.5 Факторы, влияющие на точность ГНСС-измерений

1.2.5.1 Источники погрешностей ГНСС-измерений

Точность спутниковых наблюдений зависит от множества факторов.

Основными источниками ошибок являются [2, 11-15]:

- погрешность, обусловленная геометрией засечки;
- погрешности, связанные с влиянием внешней среды (влияние атмосферы, физико-географических условий пункта наблюдений, окружающих местных предметов);
- погрешности исходных данных, зависящие от точности частотно-временного и эфемеридного обеспечения спутников навигационной системы на момент измерений (определяется аппаратурой спутников и работой сегмента управления и контроля);
- аппаратурные погрешности, вносимые спутниковым приёмником (преимущественно за счёт внутренних шумов приёмоиндикатора и погрешности измерения времени).

Также, точность спутниковых наблюдений зависит от типа спутникового оборудования и методики выполнения измерений.

1.2.5.2 Геометрический фактор

Определение местоположения пунктов наблюдений при использовании глобальных спутниковых систем основано на решении

пространственной засечки по измеренным дальностям (спутник-приемник). Тем самым, **геометрия засечки** напрямую влияет на точность позиционирования.

Безразмерная величина влияния расположения на точность (указывающая, во сколько раз геометрия засечки понижает точность позиционирования относительно известных координат спутников) называется геометрическим фактором.

Различают несколько видов геометрических факторов [2, 11]:

- HDOP (HorizontalDOP) – понижение точности определения плановых координат;
- VDOP (VerticalDOP) – понижение точности определения высоты;
- PDOP (PositionDOP) – понижение точности определения пространственного положения (плановых координат и высоты);
- TDOP (TimeDOP) – понижение точности определения времени;
- GDOP (GeometricalDOP) – наиболее универсальная величина, характеризующая понижение точности определения пространственного положения и времени.

При наличии четырёх спутников, оптимальным расположением является тетраэдр, одна из вершин которого находится в зените, а остальные расположены вблизи горизонта через 120° по азимуту, как показано на рисунке 1.20.

При таком расположении $PDOP = 1$. В реальной жизни такое расположение недостижимо, однако, за счет количества спутников, геометрический фактор может оказаться равным единицы и менее.

В настоящее время, при совместном использовании навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, необходимое количество спутников и величина геометрического фактора обеспечивается практически на любой момент времени при условии открытого радиогоризонта, однако, установка антенны, например, в кабину летательного аппарата может ограничить обзор на спутники.

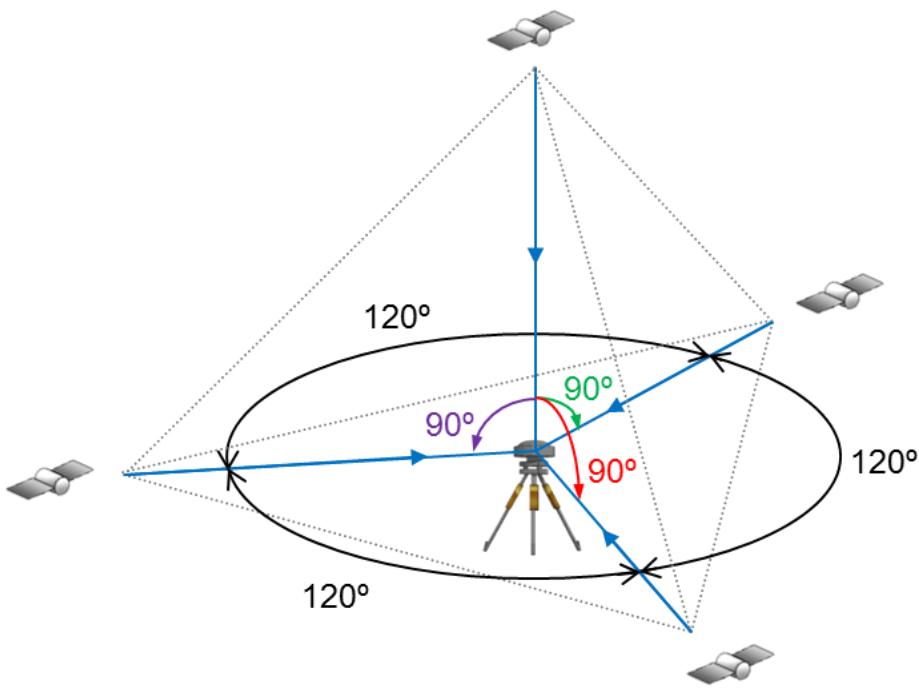


Рисунок 1.20 – Оптимальное расположение спутников

В этом случае следует контролировать геометрический фактор. Рекомендуемая величина $\text{PDOP} \leq 1,5$. Предельная величина PDOP находится на уровне 4. Если геометрический фактор выше, измерения отбраковываются.

1.2.5.3 Влияние окружающих объектов на результаты измерений.

Многопутность

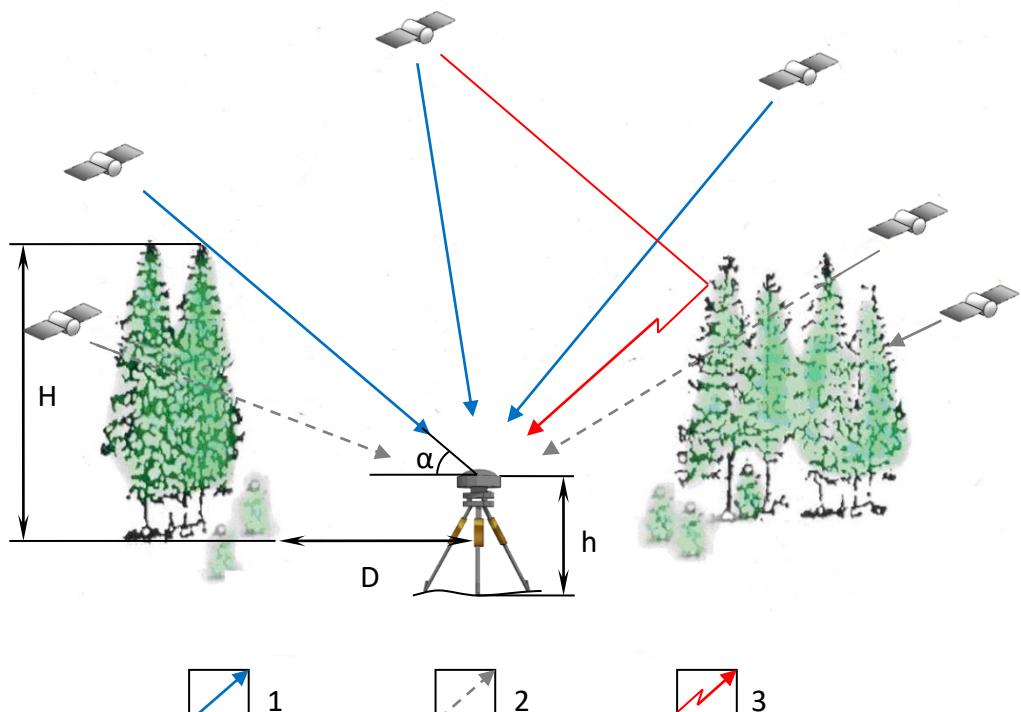
При проведении спутниковых наблюдений необходимо, чтобы спутники находились в прямой видимости приёмника, то есть должны отсутствовать препятствия на трассе «спутник-приёмник». При выполнении измерений, особенно применительно к геолого-геофизической отрасли, такие условия обычно выполнить невозможно.

Наличие препятствий на пути спутниковых сигналов обычно ведет к их затуханию и переотражению (многопутности), что показано на рисунке 1.21 [2].

Наличие препятствий в окрестностях установки антенны спутникового приёмника ведёт не только к затуханию спутниковых

сигналов, но и к появлению переотражённых лучей, принимаемых антенной, то есть явлению многопутности (многолучевости). Кроме того, спутниковые сигналы отражаются и от земной поверхности.

Сигналы, искажённые многопутностью всегда имеют дополнительную задержку по сравнению с прямыми за счёт более длинного пути следования, вызванного отражением. На antennу приёмника при этом приходит сложный сигнал, представляющий собой результат интерференции прямого и отражённого сигналов. Это приводит к искажениям сигнала вплоть до потери слежения.



- 1 – прямые электромагнитные сигналы;
- 2 – ослабленные электромагнитные сигналы;
- 3 – отражённый электромагнитный сигнал;
- D – расстояние от приёмника до препятствия;
- h – высота антенны приёмника;
- H – высота препятствия;
- α – угол возвышения НКА над горизонтом.

Рисунок 1.21 – Приём спутниковых сигналов в залесённой местности

Борьба с многопутностью является важной задачей, решением которой занимаются множество учёных и производителей спутниковой аппаратуры. Основными методами борьбы с многопутностью являются аппаратные (использование специальных антенн и конструкций) и программные (слаживающие и маскирующие алгоритмы) решения, однако данный фактор по-прежнему вносит значительные погрешности в спутниковые измерения.

1.2.5.4 Рекомендации по уменьшению погрешностей ГНСС-измерений

Для того, чтобы ГНСС-измерения были минимально повреждены влиянию факторов, снижающих точность позиционирования, рекомендуется принимать следующие меры:

- выбор аппаратуры и метода позиционирования должен осуществляться исходя из условий ее применения и требуемых точностных и эксплуатационных характеристик с «запасом»;
- установка антенны ГНСС-приемника на местности или, тем более, на летательном аппарате должна выполняться с обеспечением наилучшей видимости на спутники и с минимальными условиями для возникновения многопутности;
- во время измерений необходимо контролировать геометрический фактор (чаще всего, PDOP). Желательно обеспечение $PDOP < 2$. В случае работы с односистемной аппаратурой (например, только GPS), рекомендуется выполнять прогноз PDOP и количества спутников заранее в специальных утилитах, например, через онлайн-сервис от Trimble (<https://www.gnssplanningonline.com>).

1.2.6 Использование ГНСС-приемников на летательных аппаратах

Позиционирование движущихся объектов (кинематические измерения местоположения), в частности, летательных аппаратов, в настоящее время выполняется преимущественно посредством ГНСС-технологий [4]. Ранее

для этих целей использовались радиогеодезические системы наземного базирования, фотосъемка и использование специальных оптических прицелов.

Позиционирование в движении посредством ГНСС может выполняться всеми указанными (см. п. 1.2.3) методами позиционирования, в зависимости от поставленных задач и требований к точности и времени получения решений.

ГНСС-приемники выполняют измерения и вывод решений с заданным интервалом. Временная привязка измерений выполняется посредством меток времени в международной системе координированного времени (UTC) или времени GPS, с которой ГНСС-приемники синхронизируются с точностью до наносекунд [11-15] по сигналам времени с навигационных спутников.

Единичное решение (точка с известными координатами) на известный момент времени называется эпохой измерения.

Таким образом, траектория движения, получаемая посредством ГНСС-измерений представляет из себя набор точек (эпох) с известными координатами на известные моменты времени.

Навигационная ГНСС-аппаратура позволяет работать с получаемыми координатами в реальном времени, вычислять азимут и скорость движения и решать задачи навигации.

Геодезическая ГНСС-аппаратура позволяет получить точные координаты точек траектории полета. Такие данные могут быть получены в как в реальном времени (режимы RTK или RTPPP) и в постобработке (относительным методом или методом PPP). Точные координаты точек траектории полета в аэрогеофизике, а также при аэрофотосъемке и лазерном сканировании используются для обработки результатов съемки, и, как правило, не требуются непосредственно в процессе полета, поэтому их наиболее целесообразно получать в постобработке.

На рисунке 1.22 показаны варианты применения различной ГНСС-аппаратуры и методов измерений при навигационном и геодезическом обеспечении аэрогеофизических работ.



Рисунок 1.22 – Применение ГНСС в технологии навигационно-геодезического обеспечения аэрогеофизических работ

ГНСС успешно применяются при выполнении навигационно-геодезического обеспечения аэрогеофизических работ. Кроме того, дополнительно используются различные высотомеры (радио- и лазерные), системы определения углов пространственной ориентации (малогабаритные ИНС), а также предлагается использование дополнительных экспериментальных систем [24].

2 Навигационный комплекс на основе ПО RouteNav

2.1 Краткий обзор существующих навигационных комплексов

Для решения задач навигации в аэрогеофизике могут применяться кодовые авиационные ГНСС-приемники (как правило, реализуют не весь функционал, необходимый для эффективной съемки) и составные навигационные комплексы (НК), включающие в себя помимо ГНСС-приемников дополнительные датчики (в первую очередь, высотомеры) и имеющие специально адаптированный пользовательский интерфейс.

На рисунке 2.1 и в таблице 1 приведены примеры ГНСС-аппаратуры и навигационных комплексов, используемых при проведении аэрогеофизических исследований [8, 9, 10, 25-28].



а) GPSMap 196 (Garmin, США); б) Aera 660 (Garmin, США); в) «Агронавигатор+» («ЛТЦ Аэросоюз», Россия); г) CCNS (IGI, Германия); д) ПНС-А («ТеКнол», Россия)

Рисунок 2.1 – ГНСС-приемники и НК, применяемые в аэрогеофизике

Таблица 2.1 – Авиационные ГНСС-приемники и навигационные комплексы, применяемые при аэрогеофизических исследованиях

Модели приемников	Компания-изготовитель	Преимущества	Недостатки
Универсальные авиационные навигаторы или НК, специализированные под иные задачи			
GPSMap 196	Garmin ltd. (США)	Дешевизна (менее \$1 500)	Монохромный дисплей, отсутствие поддержки ГЛОНАСС, слабая адаптация под нужды аэрогеофизики
Aera 660	Garmin ltd. (США)	Цветной дисплей, удобный интерфейс, контроль выдерживания маршрутов	Отсутствие интеграции с радио-/ лазерными высотомерами; отсутствие возможности автоматизированного проектирования полетов
Агронавигатор плюс	ООО «ЛТЦ Аэросоюз» (Россия)	Интерфейс с контролем уклонений и автоматической разбивкой, невысокая цена	Интеграция под нужды орошения в сельском хозяйстве (специфичный интерфейс), отсутствие интеграции с высотомерами
Специализированные аэрогеофизические и аэросъемочные НК			
CCNS-5	IGI mbH (Германия)	Максимально удобный интерфейс, интеграция с внешними датчиками (ИНС, высотомерами), наличие специального ПО для проектирования полетов	Высокая стоимость (более \$ 30 000)
Копанав-2 / ПНС-А	ООО «ТеКнол» (Россия)	Специализация непосредственно под задачи аэрогеофизической съемки, возможность загрузки ЦМР, отображение в 3D-режиме	Высокая стоимость
Навигационный процессор «Лоцман»	АО «ГНПП Аэрогеофизика» (Россия)	Специализация непосредственно под задачи аэрогеофизической (в том числе, аэроэлектромагнитной) съемки	Отсутствие актуальной информации о данной системе

Использование универсальной авиационной или наземной ГНСС-аппаратуры, не адаптированной непосредственно под задачи аэрогеофизики, может затруднять ее применение и требовать дополнительных мероприятий по обучению персонала и контролю полета.

Наиболее эффективная технология навигационного обеспечения может быть реализована посредством НК, разработанных для целей как непосредственно аэрогеофизики, так и для аэрофотосъемки или лазарной съемки в силу общих задач в данных видах съемки.

Так как навигационное обеспечение полета включает в себя помимо контроля планового положения выдерживание высоты полета, навигационные комплексы могут включать в себя радио- или лазерные высотомеры. Для навигационного обеспечения достаточна точность радиовысотомеров, таких как, например, PB5, GRA5500 и других.

Как правило, показания высотомеров выводятся на отдельный экран, однако некоторые НК, в частности IGI CCNS-5 и ПНС-А позволяют выводить все необходимые данные на общий экран.

Помимо визуального контроля навигационных параметров, для максимально эффективной работы НК должен выполнять оценку качества их выдерживания, выполнять автоматическую смену маршрутов по заданному алгоритму и позволять оператору вносить корректировки в летную миссию в случае возникновения нештатных ситуаций.

В 2016 году в ЗАО «Аэрогеофизическая разведка» была запущена разработка собственного ПО RouteNav для реализации навигационного комплекса, позволяющего максимально эффективно выполнять навигационное обеспечение аэроэлектромагнитных исследований.

2.2 Программный комплекс RouteNav

RouteNav – программа для реализации навигационного комплекса, решающая следующие задачи:

- отображение текущего положения ЛА по измерениям ГНСС-приемника;
- отображение карты-схемы, содержащей:
 - пройденные/не пройденные маршруты;

- пункт базирования;
 - границы участка работ;
 - подложки (карты/космоснимки) и пр.;
 - отображение в виде индикаторов:
 - путевая скорость;
 - высота ЛА;
 - азимут.
 - расчет и отображение ЛБУ, показ границ допустимых отклонений;
 - динамический выбор следующего маршрута, автоматический переход к нему по завершении текущего;
 - оценка качества прохождения маршрутов, при необходимости – запрос повторного прохождения.

Интерфейс рабочего окна программы, содержащего карту-схему и набор датчиков, показан на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Элементы рабочего окна программы RouteNav

Программа устанавливается на портативный персональный компьютер, с техническими характеристиками не ниже следующих:

- CPU 1 GHz; RAM 512 Mb; Video 128 Mb;
- ОС Windows XP(SP3)/Vista/7/8/10;
- DirectX 9.0c или поддержка OpenGL;
- Минимальное разрешение рабочего экрана 800×600.

В состав полного программного комплекса RouteNav входят:



навигационная программа *RouteNav*;



редактор маршрутов *RouteEditor*;



набор дополнительных утилит:



геокалькулятор *GeoCalc*;



утилита геопривязки растровых карт-подложек *Raster*;



утилита *GetMap* для загрузки космических снимков с картографических сервисов Yandex/Google;



утилита *FlyEstim/EstimHgt* для послеполетной оценки качества пилотирования;



редактор скриптов *Scripter*;



редактор протоколов данных с высотомеров *ProtEd*;



универсальный построитель графиков *Graph*



вспомогательные программы для определения номенклатуры карт генштаба и их границ *NomList/GetNomList*.

RouteNav имеет свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 20217614500 [29] (Приложение А).

Укрупненный принцип работы основной программы RouteNav показан на рисунке 2.3.

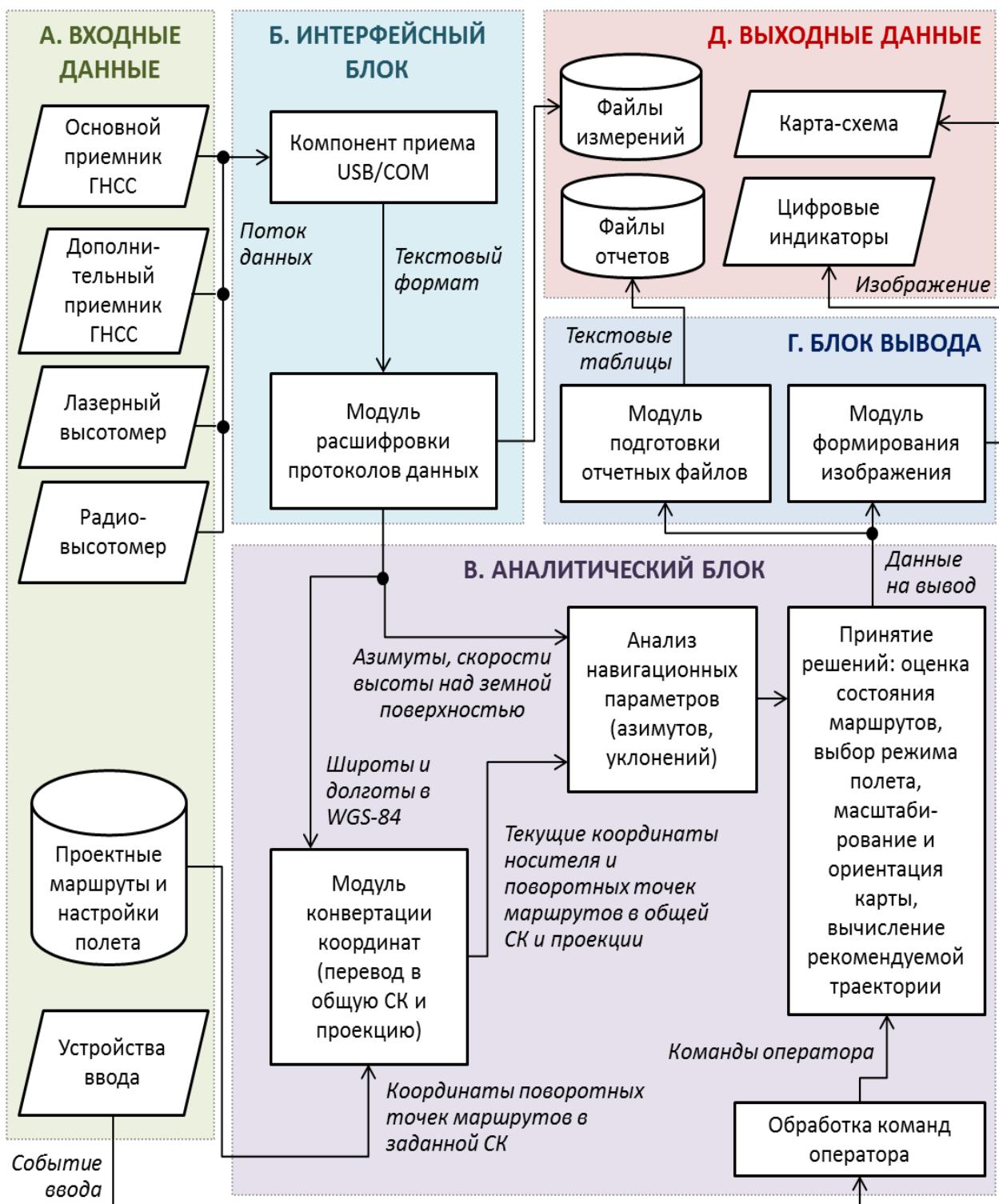


Рисунок 2.3 – Общий алгоритм работы RouteNav

2.3 Состав аппаратуры навигационного комплекса на основе ПО RouteNav

В базовый состав навигационного комплекса на основе RouteNav входят:

- кодовый ГНСС-приемник с USB/COM-интерфейсом;
- портативный компьютер или планшет оператора на базе операционной системы Windows XP/Vista/7/8/10.

Дополнительно могут добавляться:

- дублирующий экран (может использоваться, например, для размещения в кабине пилотов);
- высотомеры (при необходимости строгого выдерживания высот полета);
- второй ГНСС-приемник (например, для отслеживания выносных/прицепных конструкций).

На рисунке 2.4 показаны варианты аппаратной комплектации НК на основе RouteNav.



Рисунок 2.4 – Состав аппаратуры навигационного комплекса

Соединение с ГНСС-приемником и высотомерами может осуществляться посредством USB/COM-интерфейса (для высотомеров, как правило, необходим дополнительный интерфейс для выдачи данных в виде текста ASCII).

Данные с ГНСС-приемника должны отправляться в виде сообщений протокола NMEA0183. Поток данных с высотомеров должен иметь вид текстовых сообщений (в ближайших версиях будет добавлена функция настраиваемого чтения регистров бинарных потоков).

При выборе навигационного ГНСС-приемника следует учитывать специфику выполняемых работ – приемник должен обеспечивать устойчивый прием сигналов под лопастями вертолета, выводить информацию не реже 5 Гц (для повышения удобства пользования), иметь необходимые интерфейсы и протоколы передачи данных. Кроме того, в соответствие с Федеральным законом «о навигационной деятельности» [30], приемник должен принимать сигналы ГЛОНАСС.

В частности, таким запросам отвечают, например, smart-антенны (также иногда именуемые mouse-GNSS) компаний GlobalSat (Тайвань) [31], Locosys (КНР) [32], SkyLab (КНР) [33] и других производителей. Такие приемники выпускаются чаще всего на базе чипов, uBlox [34] и MediaTek [35]. Такие приемники в большинстве случаев имеют невысокую стоимость (менее \$ 100).

Кроме непосредственно аппаратуры, в состав должны входить кабели связи устройств необходимой длины (в зависимости от варианта установки аппаратуры на летательном аппарате) и источники питания. Кабели HDMI и USB, используемые для передачи информации с ГНСС-приемника на ПК и вывода видеинформации на экран в кабине пилотов, должны быть дополнительно экранированы во избежание влияния помех, создаваемых геофизической и бортовой аппаратурой.

Портативный ПК оператора должен соответствовать системным требованиям программы и быть адаптирован к условиям эксплуатации на

борту (температурный и влажностный диапазон, устойчивость к вибрациям). В настоящее время данным критериям соответствует большинство ноутбуков и планшетов, представленных на рынке, однако рекомендуется использовать промышленные защищенные модели. Вместо портативного ПК может применяться главный компьютер (геофизическая стойка) оператора-геофизика.

Выносной экран в кабине пилотов и экран портативного ПК/планшета оператора-геофизика должен обеспечивать необходимый угол обзора и яркостно-контрастные характеристики изображения.

В таблице 2.2 приведен вариант комплектации НК с конкретизацией состава аппаратуры.

Таблица 2.2 – Пример комплектации НК аппаратурой

Наименование	Устройство
Портативный ПК оператора	ноутбук Prestigio SmartBook 116A на базе Intel Atom (R)
Кодовый ГНСС-приемник	USB mouse-GNSS GlobalSat BU 353 GLONASS
Радиовысотомер	тип РВ5-М или А-037 с электронным интерфейсом
Дублирующий монитор в кабину пилотов	10.1" LCD-дисплей Liliput FA 1013, HDMI, touchscreen, яркость 450 кд/м ² , контрастность 1000:1
Дополнительные комплектующие	кабель HDMI, 10 м; кабель USB-repeater активный, 15 м; аккумулятор 12Ah (2 шт); инвертор AC/DC

Внимание! При использовании планшетных ПК, для корректной работы программы необходимо выключить автоматический разворот монитора.

2.4 Установка и запуск ПО RouteNav. Проверка совместимости устройств

В случае поставки программы на компакт-диске CD/DVD, для установки RouteNav, вставьте диск в устройство чтения и воспользуйтесь главным меню. В случае проблем с запуском, запустите файл установки SetupRN.exe, находящийся в корневом каталоге диска, вручную. Следуйте инструкциям программы установки.

Версия, поставляемая через Интернет, может идти как в виде установщика, так и в виде архива. В первом случае – запустите SetupRN.exe и следуйте инструкциям установщика. При поставки в виде архива – распакуйте архив в произвольную директорию.

Рекомендуемое расположение каталога с программой – в каталоге Program Files или в корневой директории жесткого диска (например, C:\RouteNav).

Запустите RouteNav и зарегистрируйте программу (введите ключ защиты). При первом запуске, программа предложит выполнить регистрацию, рисунок 2.5.

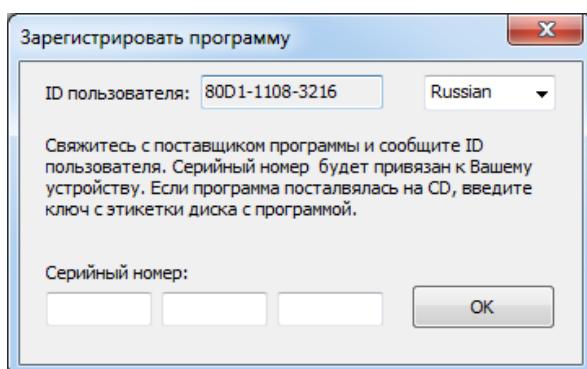


Рисунок 2.5 – Окно регистрации программы RouteNav

Для CD-версии ключ поставляется на неограниченное количество ПК.

Символы ключа напечатаны на самом диске либо вложены в коробку.

В Интернет-поставке программы ключ привязан к ID компьютера. Для получения ключа требуется обратиться к поставщику через интернет-сайт <http://aerosurveys.ru> или по электронному адресу info@aerosurveys.ru. Обязательно необходимо указать ID устройств (указаны в поле «ID пользователя» окна регистрации программы), на которые будет ставиться программа. Цена договорная.

Без ключа программа действует в течение 30 дней с полным набором функций.

После установки программы обязательно установите драйвера устройств навигационного комплекса (GPS/GNSS-приемника, средств связи с высотомерами и пр.). Подключите устройства. Проверьте их наличие в Диспетчере устройств (Панель управления/Настройки Windows), рисунок 2.6.

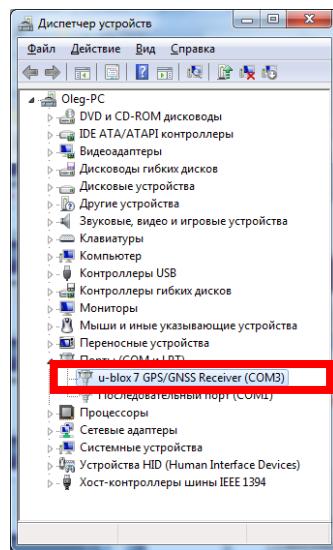


Рисунок 2.6 – ГНСС-приемник uBlox в диспетчере задач Windows

Внимание! Обязательно испытайте навигационный комплекс перед выполнением полета.

3 Технология выполнения работ с навигационным комплексом на основе программного обеспечения RouteNav

3.1 Этапы технологии навигационного обеспечения с использованием навигационного комплекса. Краткий обзор технологии

Принципиальными этапами технологии навигационного обеспечения наземных и аэрогеофизических исследований являются:

1) подготовительные работы:

- подбор навигационных карт;
- выбор и подготовка аппаратуры;
- подготовка исходных данных и создание проекта полета;
- монтаж аппаратуры на борту летательного аппарата;

2) навигационное сопровождение съемки:

- выход на участок работ;
- выдерживание проектных маршрутов с контролем уклонений;
- возвращение на базу или пункты временного базирования;

3) анализ качества навигационного сопровождения и создание отчетной документации.

Каждый этап работы сопряжен с использованием различных инструментов и утилит. Кроме того, полет может быть воспроизведен или имитирован.

На этапе **подготовительных работ** выполняется создание проекта полета. Предварительно должен быть выполнен подбор подходящей аппаратуры и проверка функционирования навигационного комплекса.

Создание проекта в RouteNav полета может осуществляться в пошаговом режиме с помощью «Мастера создания проекта» (Project Wizard), рисунок 3.1.

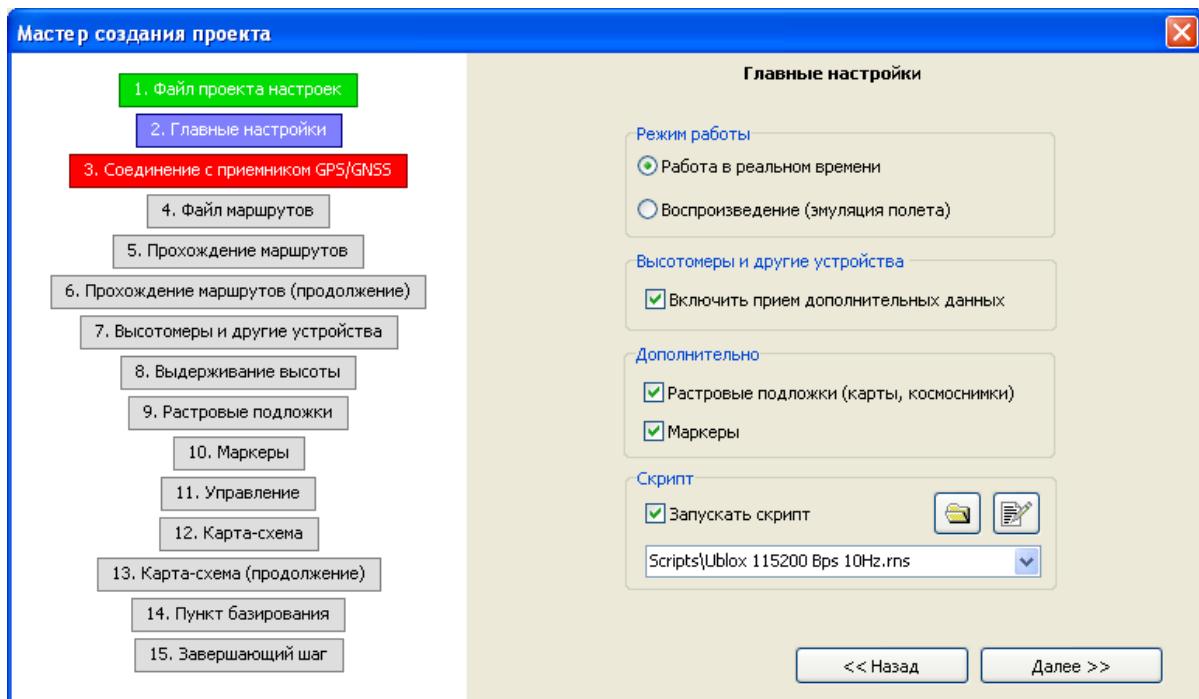


Рисунок 3.1 – Мастер создания проекта полета

Создание проекта полета состоит из следующих шагов:

- указание имени файла проекта, установка его на автозапуск (при необходимости);
- главные настройки проекта (режим работы программы – в реальном времени или воспроизведение; наличие дополнительных устройств; наличие растровых карт/космоснимков в качестве подложек и пр.);
- параметры соединения с ГНСС-приемником (настройки COM/USB, параметры автоматического поиска порта устройства, периодичность опроса порта);
- загрузка файла проектных маршрутов (при необходимости может быть создан с помощью утилиты *RouteEditor* по координатам границ участка съемки, рисунок 3.2);
- параметры прохождения маршрута (порядок автоматической смены маршрутов, шаг и метод смены, максимально допустимая величина уклонений, предельная скорость и пр.);

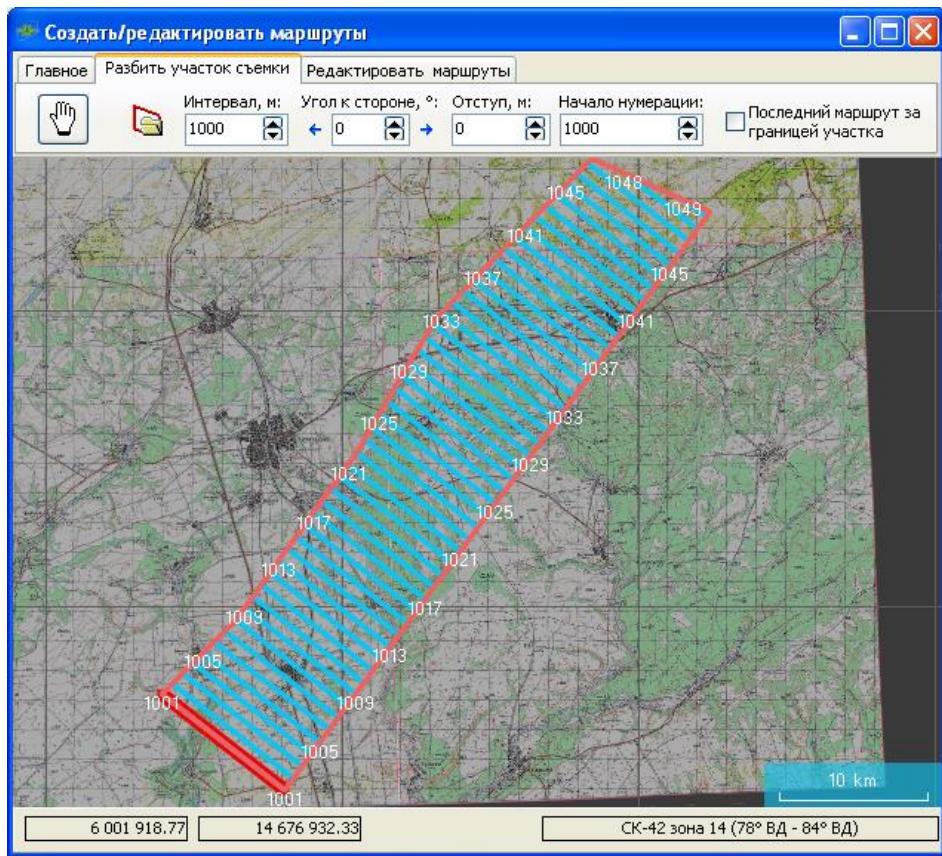


Рисунок 3.2 – Автоматическое разбиение съемочного участка на маршруты

- настройка связи с дополнительными устройствами (высотомерами и пр.);
- при наличии высотомеров – допуски выдерживания высот;
- растровые подложки – навигационные карты или космоснимки (переводятся в специальный геопривязанный формат с помощью утилиты *Raster* или загружаются для использования оффлайн с картографических сервисов Google Maps/Yandex Maps с помощью утилиты *GetMap*, рисунок 3.3);
- настройки управления (автоматическое переключение масштаба и режима съемки, настройки мыши и джойстика);
- настройки оформления карты-схемы (размер и цвет условных знаков; информационные панели);

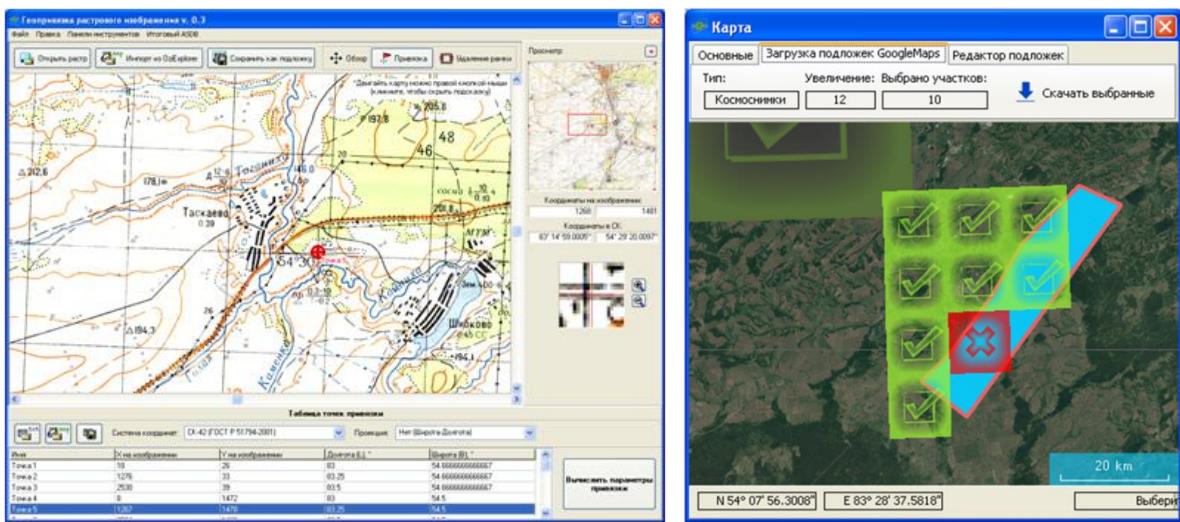


Рисунок 3.3 – Встроенные в RouteNav подпрограммы импорта растровых подложек: утилита геопривязки растровых карт Raster (слева) и утилита GetMap для загрузки снимков сервиса Google/Yandex (справа)

– настройки координат пункта базирования (при отсутствии координат базы, они будут присвоены от первого принятого измерения).

При создании проекта порядок шагов может быть изменен, а доступ к ним возможен посредством интерактивного меню в левой части окна. Проект полета может быть изменен в дальнейшем, в том числе, непосредственно перед полетом.

Для проверки проекта могут быть выполнены модельные испытания с имитированным полетом (специальная функция в *RouteEditor*). Сымитированный полет можно будет воспроизвести для тестирования настроек интерфейса и автоматического масштабирования и смены режима.

Непосредственно перед выполнением полета необходимо выполнить монтаж аппаратуры на летательном аппарате (см. подраздел 2.4).

Навигационное сопровождение съемочных работ может быть условно разбито на несколько процессов, каждому из которых соответствует свой режим пилотирования:

- подлет к участку работ (режим: «На участок работ»);

– заход на маршрут и выдерживание маршрута с контролем уклонений (режим: «Полет по маршруту», включает соответствующие подрежимы);

– возвращение на пункт базирования (режим: «Возвращение на базу»).

Кроме того, присутствует режим «Свободный полет», при котором направление на какую-либо цель и выдерживание маршрутов не выполняются.

Выполнения работ максимально автоматизировано. Интерфейс программы в виде карты-схемы с информационной панелью позволяет выполнять пилотирование и контроль без участия отдельного штурмана. На рисунке 3.4 показан интерфейс программы при выполнении различных операций.



Рисунок 3.4 – Визуализация различных режимов пилотирования для одного и того же полета: а) полет к участку работ; б) заход на маршрут; в) выдерживание маршрута

Имеется возможность контроля со стороны оператора-геофизика. В этом случае программа может быть запущена на ПК оператора геофизической съемки. При этом карта-схема и необходимая информация могут выводиться на экран в кабине пилотов, а оператор-геофизик в специальном режиме будет иметь масштабируемую миниатюру или информационную панель с краткой информацией о текущем этапе полета, маршруте, уклонении от него и пр.

Таким образом, непосредственно во время полета программа выполняет следующие функции:

- в соответствие с настройками, автоматический переход к необходимому режиму и смена маршрута;
- смена масштабов (при включенном автоматическом режиме);
- подсветка некритичных нарушений пределов скорости, уклонений и высот;
- при необходимости программа дает рекомендации повторного залета или возвращения на базу.

Пилот/оператор съемки при этом могут посредством интерфейса программы:

- контролировать качество прохождения маршрутов;
- изменять текущий и следующий маршрут;
- изменять быстрые настройки;
- при необходимости, переходить к изменению настроек проекта полета.

После завершения полета может быть выполнен **анализ качества навигационного сопровождения**.

Ошибки пилотирования и навигационного обеспечения могут иметь серьезные последствия при дальнейшей обработке геофизического материала и плачевно повлиять на его качество. Не смотря на наличие контроля выдерживания навигационных параметров в процессе съемки,

иногда может потребоваться контроль и супервайзерский анализ качества выдерживания навигационных параметров для каждого маршрута.

Для этих целей существует встроенная в RouteNav утилита *FlyEstimate/EstimHgt*, позволяющая получить отчет по каждому маршруту, рисунок 3.5.



Рисунок 3.5 – Утилита контроля качества пилотирования FlyEstimate

Отчеты по выполненным работам могут быть сохранены в виде таблиц и графиков.

Выполнение работы по указанной технологии подробно и пошагово описано в рамках данной главы в последующих пунктах.

3.2 Подготовительные работы. Создание проекта полета

3.2.1 Настройки RouteNav. Проект полета

В программе RouteNav имеется две категории настроек – настройки работы программы в целом и настройки выполняемого полета, рисунок 3.6.



Рисунок 3.6 – Виды настроек в RouteNav

Глобальные настройки и настройки полета хранятся в разных файлах. Для полетов настройки могут быть сохранены в файлы проектов

(шаблонов) и загружаться по запросу пользователя или автоматически при запуске программы

К глобальным настройкам относятся:

- параметры вывода графики:
 - вертикальная синхронизация (VSync);
 - показ количества кадров в секунду (FPS);
 - настройки работы второго экрана (для режима двух экранов);
 - масштаб главного окна программы (может быть изменен для более удобного вывода на мониторы разной диагонали);
 - сглаживание вывода азимута и местоположения;
- параметры запуска программы:
 - проект полета, загружаемый при запуске автоматически;
 - полноэкранный режим при запуске;
 - язык интерфейса и единицы измерения расстояний и скорости.

Остальные настройки, доступные в программе, относятся к проекту полета:

- информация о маршрутах (имя и формат файла; порядок прохождения; допуски и пр.);
- порты и настройки подключения ГНСС-приемника и высотомеров (при наличии);
- настройки управления программой (в т. ч. настройки режима автоматической смены масштаба и режима полета);
- файлы растровых подложек и маркеров (меток);
- координаты точки базирования;
- цветовые настройки и настройки интерфейса.

Количество настроек для проектов полета гораздо больше, в окне настроек программы они занимают несколько вкладок.

На рисунке 3.7 показана вкладка «Главное», содержащая глобальные настройки программы (к настройкам полетного файла относится только выбор режима работы).

Вызов главного окна настроек производится «горячей» клавишей F1 или соответствующей кнопкой быстрого меню, а также из окна главного меню, рисунок 3.8 (кнопка «Открыть настройки»).

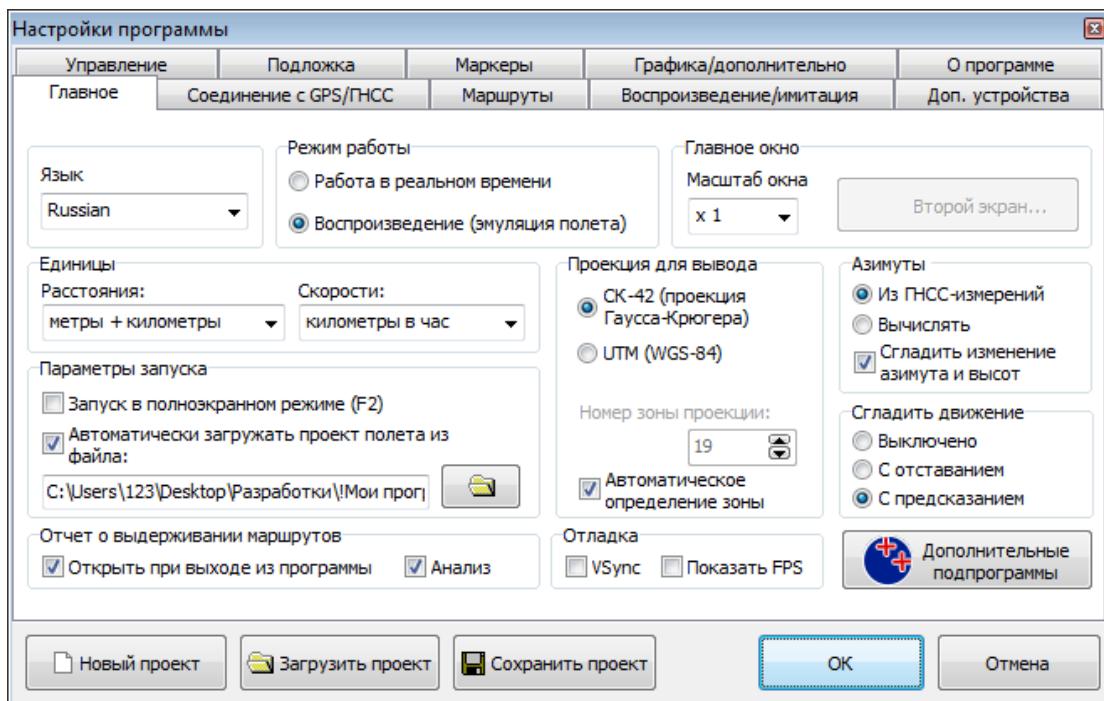


Рисунок 3.7 – Вкладка «Главное» окна настроек RouteNav

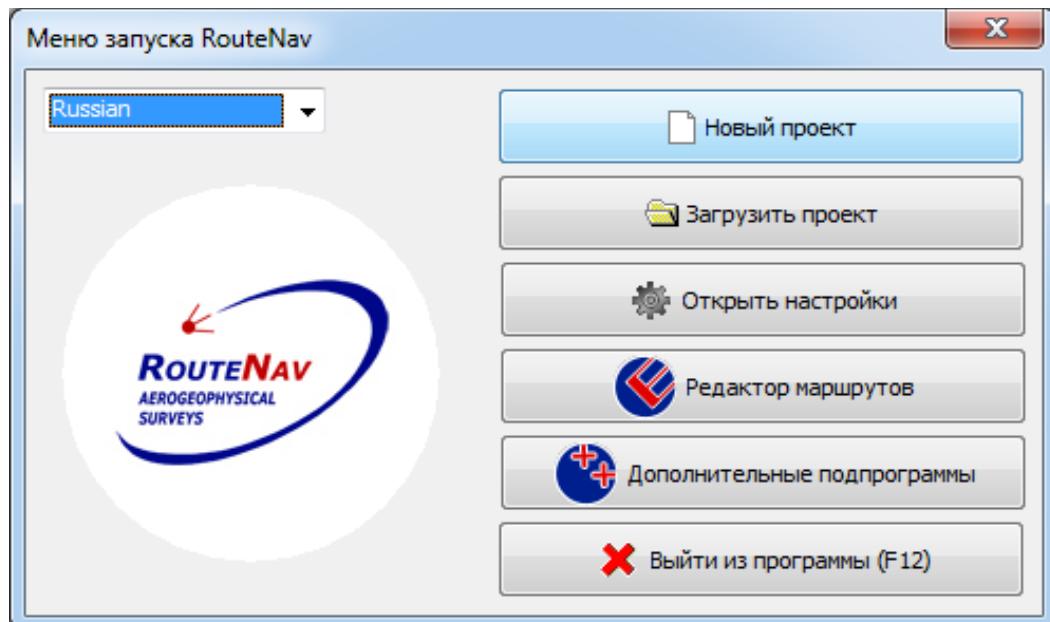


Рисунок 3.8 – Окно главного меню

3.2.2 Создание проекта полета для RouteNav

3.2.2.1 Мастер создания проекта полета

Мастер создания нового проекта позволяет быстро и удобно задать настройки создаваемого проекта полета и вызывать необходимые утилиты по мере необходимости в пошаговом режиме.

Вызов окна мастера создания нового проекта может быть выполнено из окна главного меню (см. рис. 3.8) или окна настроек (см. рис. 3.7) нажатием кнопки «Новый проект».

Окно Мастера создания проекта состоит из двух частей – интерактивной схемы этапов (шагов) настроек и текущего (выбранного) перечня настроек, рисунок 3.9.

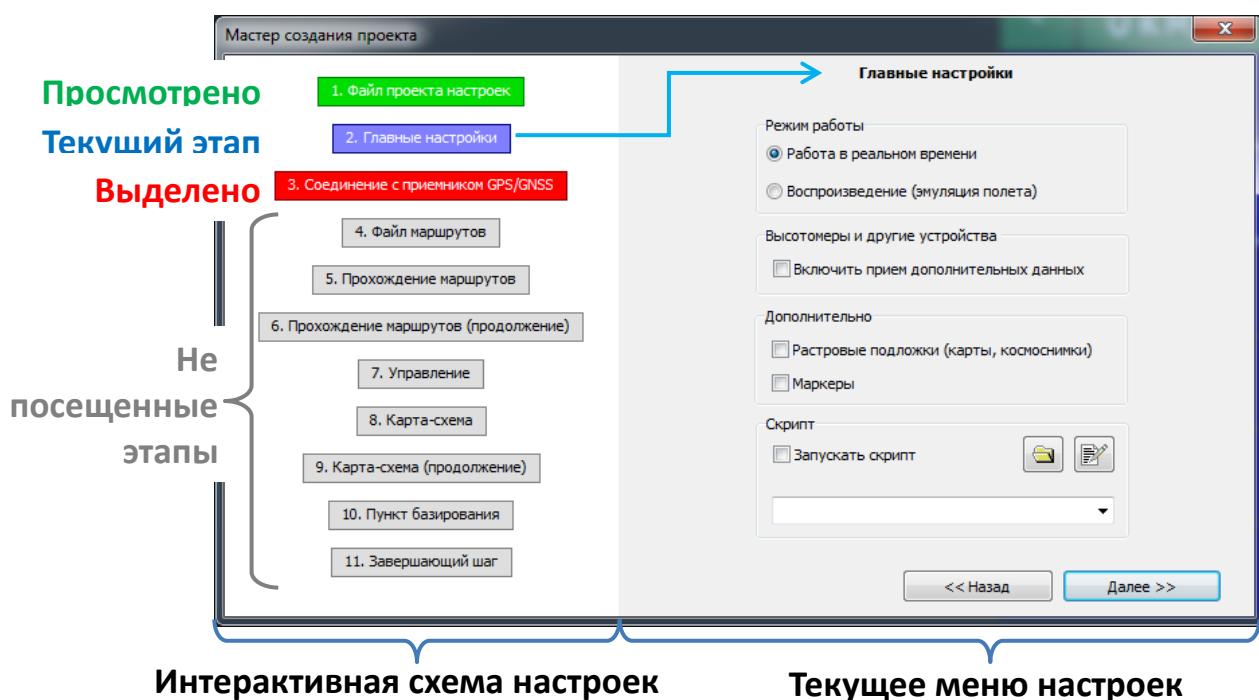


Рисунок 3.9 – Интерфейс окна «Мастер создания проекта»

Переход между этапами может осуществляться кнопками «Назад» и «Далее», а также выбором этапа на интерактивной схеме и нажатием левой

кнопки мыши (здесь и далее – ЛКМ). Пошаговое задание настроек позволяет не распылять внимание при создании проекта и максимально прорабатывать проект. В случае если какие-либо настройки оказались заданы неправильно или при смене исходных данных, проект может быть отредактирован в меню настроек и пересохранен.

Файл проекта настроек.

Первым этапом создания проекта является указание имени и размещения создаваемого файла, рисунок 3.10.

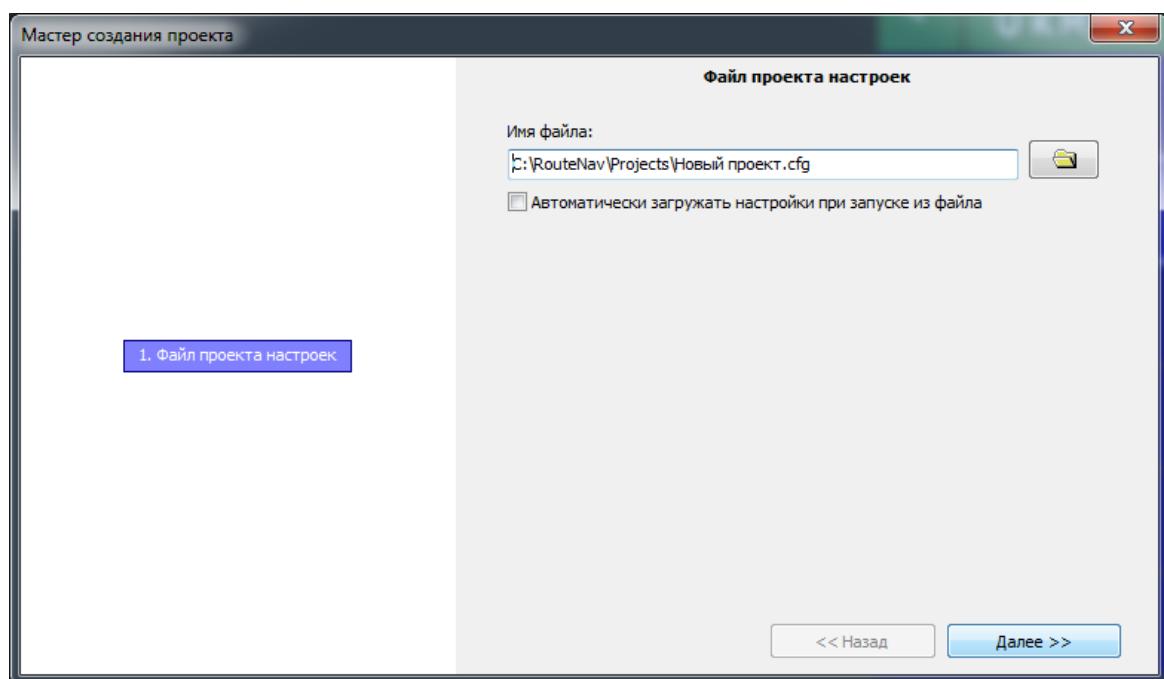


Рисунок 3.10 – Указание имени файла проекта полета

Вызов диалога сохранения файла осуществляется кнопкой . В случае, если проект должен быть загружен автоматически при следующем запуске программы, необходимо поставить соответствующий флажок под полем имени файла.

Главные настройки проекта.

Окно главных настроек проекта приведено на рисунке 3.11.

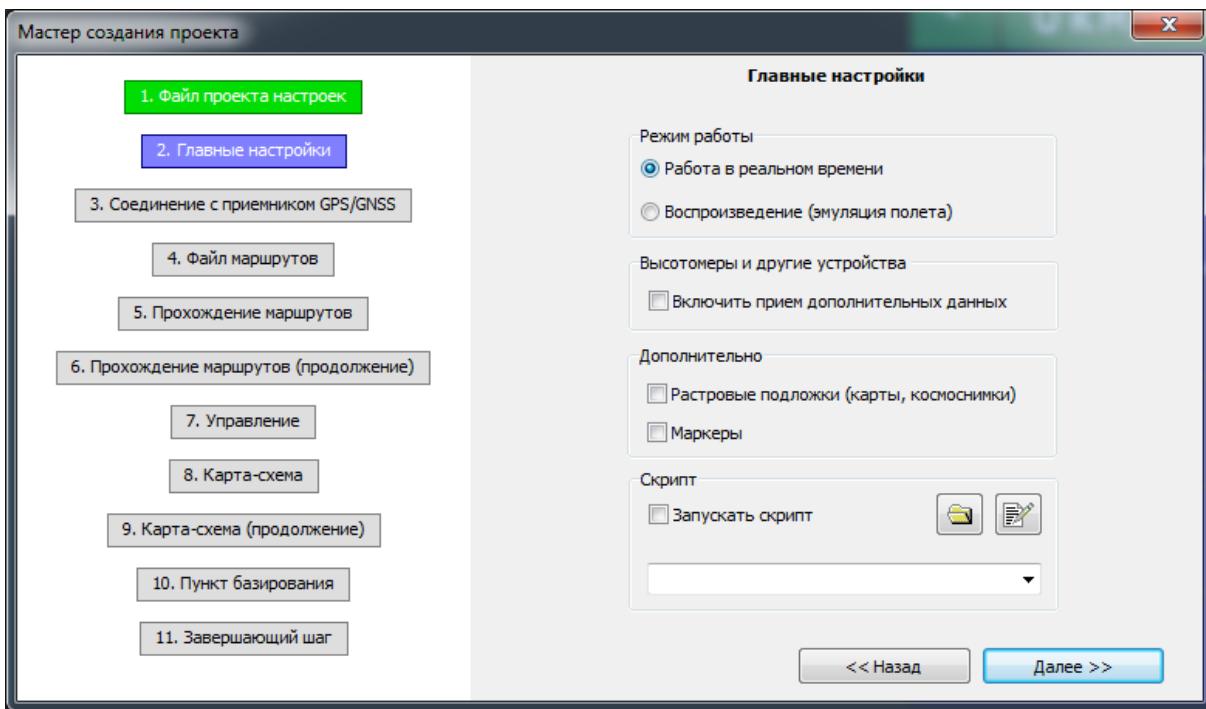


Рисунок 3.11 – Главные настройки проекта

Главные настройки разбиты на следующие категории:

- режим работы (работа в реальном времени либо воспроизведение файла полета, выполненного ранее);
- высотомеры и другие устройства (например, второй ГНСС-приемник; прием данных может быть включен или выключен);
- дополнительно (растровые карты/космоснимки на фоне и маркеры);
- скрипт (как правило, для автоматической настройки ГНСС-аппаратуры отправкой на нее команд, описан в п. 3.6.3).

Соединение с приемником GPS/GNSS.

Данное меню доступно, если в главных настройках выбран режим «Реальное время». Настройки соединения с GNSS/GPS-приемником показаны на рисунке 3.12. При соединении через интерфейс USB/COM, создается виртуальный СОМ-порт, номер которого необходимо указать для соединения с приемником.

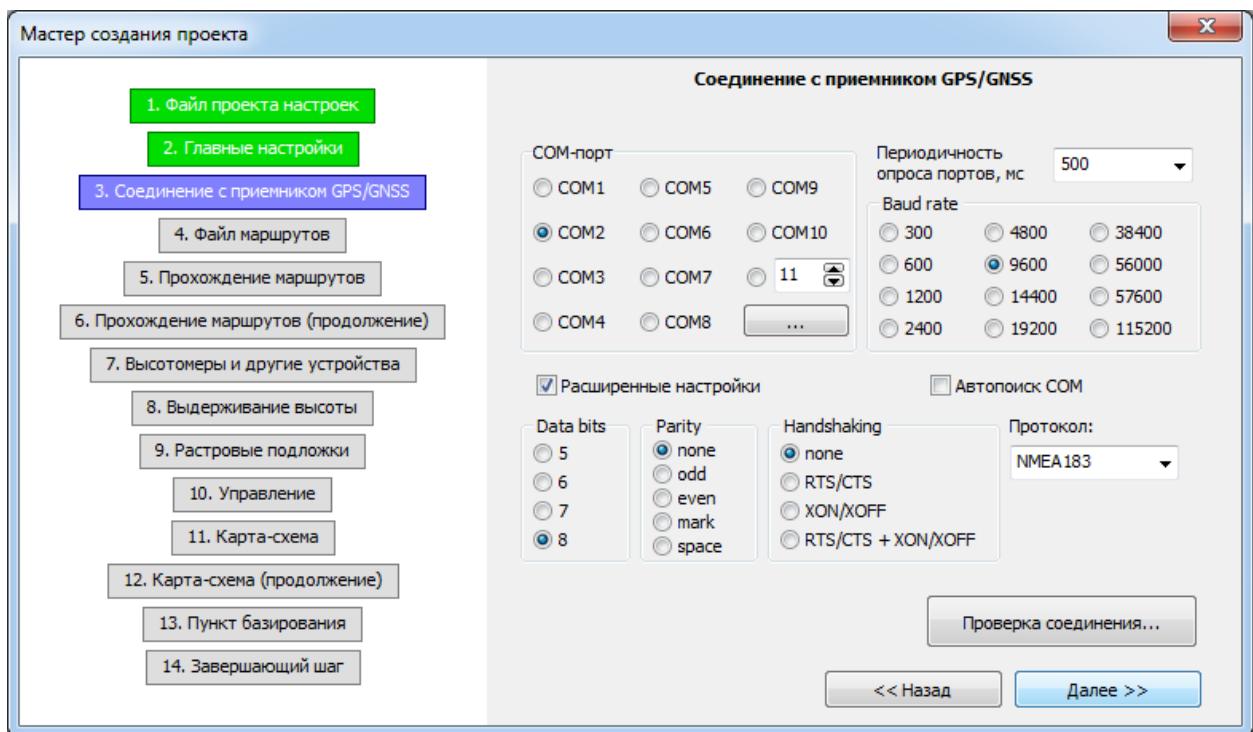


Рисунок 3.12 – Настройки соединения с ГНСС-приемником.

Кроме номера порта, необходимо знать скорость передачи данных (Бод/с). Кроме того, есть возможность изменить расширенные настройки, однако данные характеристики, как правило, соответствуют установленным по умолчанию.

Периодичность опроса должна соответствовать частоте вывода данных или быть чаще. Например, для частоты обновления данных с аппаратурой с частотой 10 Гц, периодичность опроса рекомендуется равной 100 мс. Для обновления раз в секунду – 1000 мс.

Если необходимо узнать, на каком порту находится устройство, воспользуйтесь кнопкой ..., по нажатию которой будет выведен список доступных СОМ-портов и устройств, находящихся на них (в соответствии с системным реестром), рисунок 3.13.

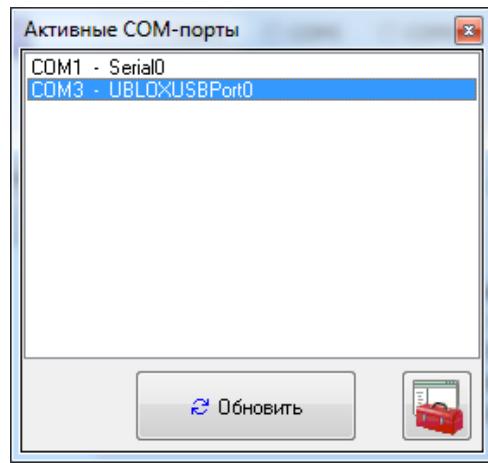


Рисунок 3.13 – Список устройств на СОМ-портах компьютера

Двойной щелчок ЛКМ по элементу списка приведет к его автоматическому выбору в настройках порта. Кнопка вызывает диспетчер задач Windows.

После выбора порта и ввода настроек, соединение может быть проверено нажатием кнопки «Проверка соединения» (см. рис. 3.12). В этом случае, диалоговое окно позволит оценить правильность выбора номера порта и скорости, рисунок 3.14.

В случае если получаемые сообщения имеют вид необходимого протокола, настройки можно признать корректными.

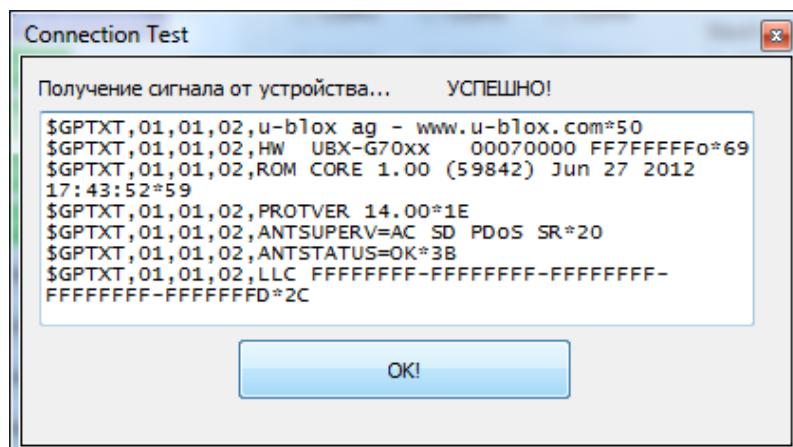


Рисунок 3.14 – Проверка настроек соединения

При подключении большого количества внешней аппаратуры, система может менять номера портов. Чтобы не обращаться к настройкам при каждом запуске программы, можно задать параметры автоматического поиска ГНСС-приемника, рисунок 3.15

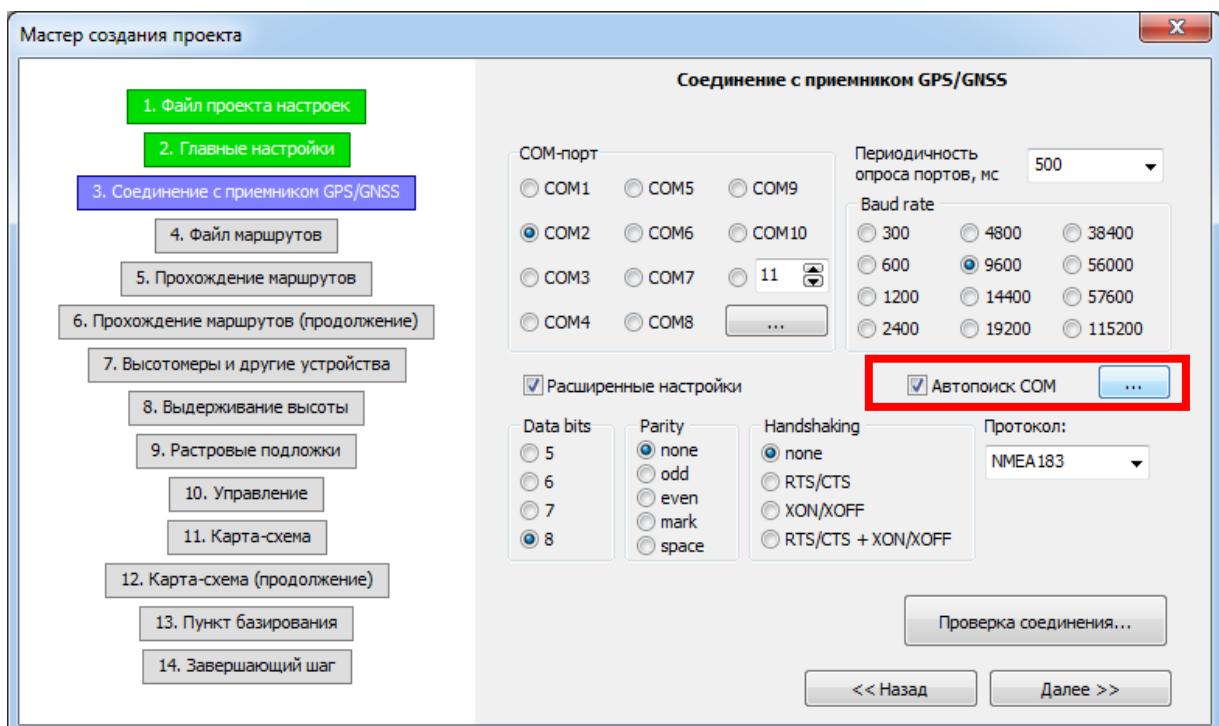


Рисунок 3.15 – Вызов настроек автоматического поиска СОМ-порта
ГНСС-приемника

Опция автоматического поиска выделена на рисунке красной рамкой. Параметры могут быть настроены в соответствующем окне, вызываемом нажатием кнопки ..., рисунок 3.16.

Кроме непосредственно, номера порта устройства, автопоиск определяет скорость передачи данных (контроль выполняется автоматически по принятым Rx сообщениям).

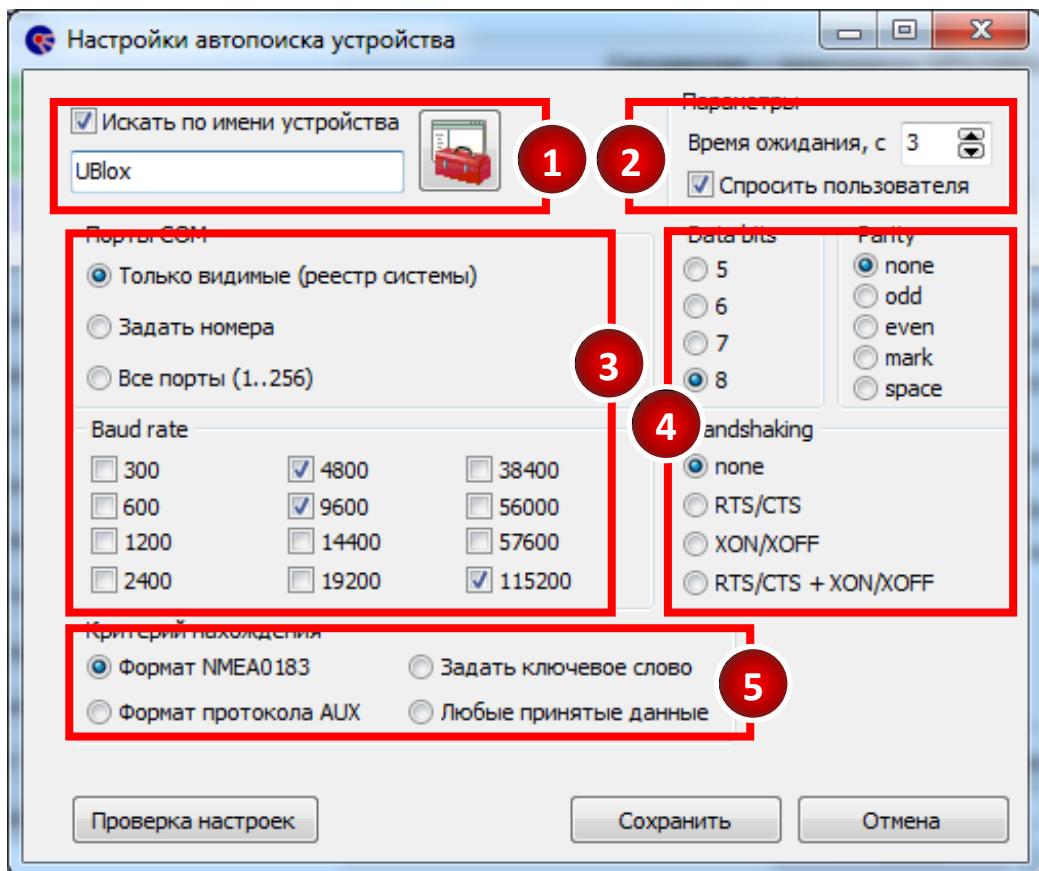


Рисунок 3.16 – Настройка автоматического поиска СОМ-порта устройства

В настройках указывается:

- предполагаемое системное имя устройства (1). Если часть текста, введенного в соответствующем поле, будет содержаться в имени драйвера устройства (например, «Prolific» для приемников GlobalSat и «Ublox» для приемников UBlox), то при переборе портов, данный СОМ-порт будет помещен первым в список;
- время ожидания ответа с порта (2). По умолчанию – три секунды. Не рекомендуется устанавливать менее двух и более пяти секунд. В этом же меню запрос одобрения пользователя, в случае, если устройство найдено;
- проверяемые порты и скорости (3). Рекомендуется использовать перебор активных портов, перечисленных в реестре системы. При отсутствии допуска к реестру могут быть заданы произвольные номера

(ввод номеров через запятую, можно перечислять диапазон через тире) и вообще проверка всех возможных портов. Перебор возможных скоростей задается вручную. Для каждого порта будут проверены все скорости приема, выделенные флажками;

- настройки соединения (4) соответствуют установкам основных настроек;
- критерий установки порта действительным (5) – проверка полученных с порта сообщений с автоматической валидацией корректности протокола. Может быть введено произвольное ключевое слово. Для ГНСС-приемников рекомендуется выбирать соответствие протоколу NMEA0183.

Настройки могут быть протестированы (кнопка «Проверить настройки»).

При проверке будет запущено окно автоматического поиска при указанных настройках, рисунок 3.17

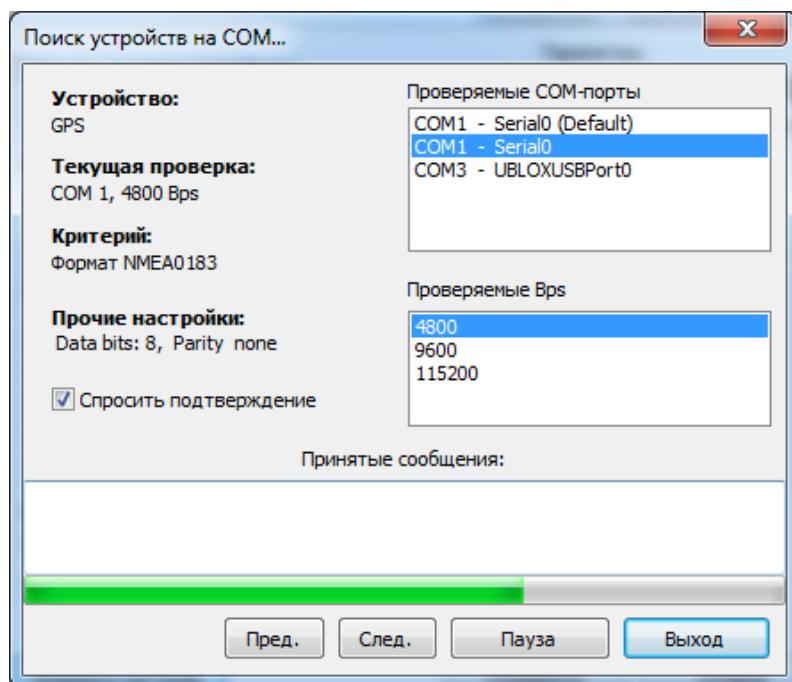


Рисунок 3.17 – Автоматический поиск СОМ-порта устройства

Настройки файла маршрутов.

На следующем этапе задается источник координат точек маршрутов, рисунок 3.18

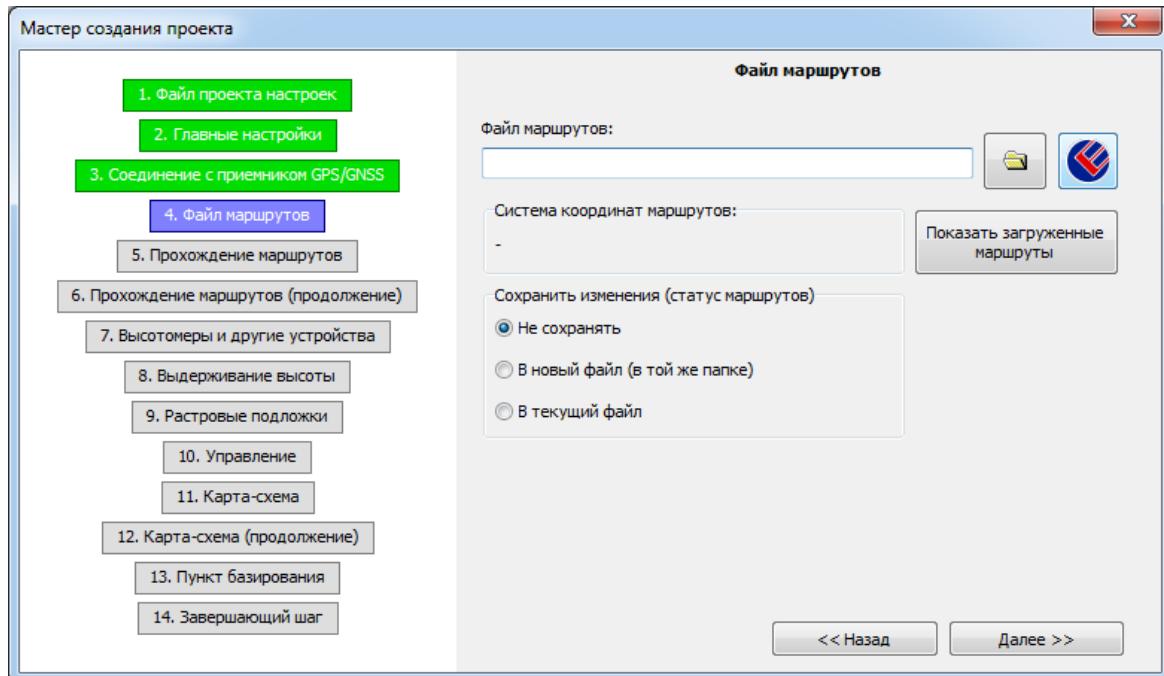


Рисунок 3.18 – Настройки файла маршрутов

Выбор файлов маршрутов выполняется кнопкой . Если файл задан в формате *.rts (встроенный формат маршрутов *RouteNav/RouteEditor*), то он будет открыт автоматически.

Также файл может быть задан в виде текстовой таблицы (*.txt, *.csv), содержащей имена маршрутов и координаты их точек. Формат строки может иметь вид:

{Имя маршрута} разделитель {координата x или В} разделитель
{координата у или L}

Например:

1001a, 55.456387, 83.98234

1001b, 55.455677, 83.96784

Где разделитель запятая (также может быть пробел, табуляция, точка с запятой или произвольный символ), окончания «а» и «б» означают начала и концы маршрутов, а координаты приведены в WGS84 в виде градусов с долями.

Начала и концы могут находиться в одной строке (тогда обозначения «а» и «б» не нужны):

1001, 55.456387, 83.98234, 55.455677, 83.96784

Кроме того, маршруты могут иметь неограниченное количество точек (в этом случае в построчно задается имя и координаты одной точки маршрута – отнесение точек к одному маршруту выполняется по общему имени).

Система координат может быть задана произвольно из перечня, встроенного в программу. Добавление новых систем координат в случае их отсутствия в списке, может быть выполнено в гео-калькуляторе *GeoCalc* (п.п. 3.2.6) и потребует перезапуска *RouteNav*.

Импорт текстовых таблиц выполняется в окне импорта, рисунок 3.19.

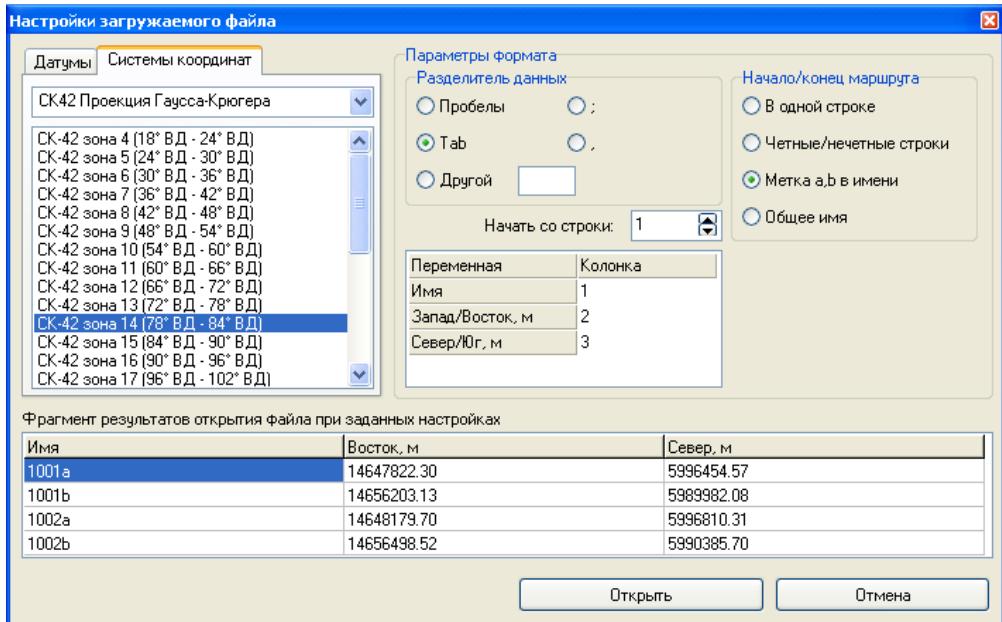


Рисунок 3.19 – Импорт маршрутов из текстовых таблиц

В окне импорта есть возможность выбора столбцов с данными, разделителей, метода определения начальных/конечных точек и используемая система координат. Для контроля в нижней части окна имеется предварительный просмотр. Если маршруты заданы в текстовом формате, то точки границ участка должны быть заданы с теми же разделителями и в той же системе координат в дополнительном файле с именем формата:

{имя_исходного_файла}_f.{расширение исходного файла}.

То есть, файлу *Маршруты.txt* будет соответствовать файл границ с именем: *Маршруты_f.txt*

Проверить корректность импорта можно кнопкой «Показать загруженные маршруты» (см. рис 3.18). В окне загруженных маршрутов будут показаны имена маршрутов, координаты (геодезическая широта и

долгота в WGS-84) их начальных и конечных точек и их статус (не пройден, пройден, текущий), рисунок 3.20

Список загруженных маршрутов					
Имя маршрута	В начала	Л начала	В конца	Л конца	Статус
1001	N 54 04 23.2453	E 83 15 27.9801	N 54 00 45.1928	E 83 22 56.5175	текущий
1002	N 54 04 34.3730	E 83 15 48.2456	N 54 00 57.9144	E 83 23 13.4718	не пройден
1003	N 54 04 45.4997	E 83 16 08.5136	N 54 01 10.6353	E 83 23 30.4294	не пройден
1004	N 54 04 56.6254	E 83 16 28.7845	N 54 01 23.3555	E 83 23 47.3899	не пройден
1005	N 54 05 07.7502	E 83 16 49.0585	N 54 01 36.0747	E 83 24 04.3528	не пройден
1006	N 54 05 18.8739	E 83 17 09.3355	N 54 01 48.7935	E 83 24 21.3191	не пройден
1007	N 54 05 29.9967	E 83 17 29.6155	N 54 02 01.5116	E 83 24 38.2878	не пройден
1008	N 54 05 41.1188	E 83 17 49.8985	N 54 02 14.2290	E 83 24 55.2599	не пройден
1009	N 54 05 52.2396	E 83 18 10.1845	N 54 02 26.9456	E 83 25 12.2349	не пройден
1010	N 54 06 03.3594	E 83 18 30.4736	N 54 02 39.6616	E 83 25 29.2122	не пройден
1011	N 54 06 14.4782	E 83 18 50.7656	N 54 02 52.3769	E 83 25 46.1930	не пройден
1012	N 54 06 25.5961	E 83 19 11.0607	N 54 03 05.0915	E 83 26 03.1761	не пройден
1013	N 54 06 36.7129	E 83 19 31.3587	N 54 03 17.8050	E 83 26 20.1626	не пройден
1014	N 54 06 47.8288	E 83 19 51.6598	N 54 03 30.5182	E 83 26 37.1521	не пройден
1015	N 54 06 58.9437	E 83 20 11.9639	N 54 03 43.2307	E 83 26 54.1439	не пройден

Рисунок 3.20 – Перечень открытых маршрутов

В перечне может быть задан новый статус маршрутам, например, отмечены пройденными маршрутами, не требующие полета по ним. Файл маршрутов может быть сохранен в формате *.rts нажатием кнопки .

В процессе полета, статус маршрутов будет меняться. Изменения могут автоматически сохраняться в исходный файл или в новый файл с именем формата:

{имя_исходного_файла}_{YYYY-MM-DD}.rts

где *YYYY-MM-DD* – дата выполнения полета.

Задать вариант сохранения статуса можно с помощью соответствующего меню выбора, рисунок 3.21 (настройки выделены красной рамкой).

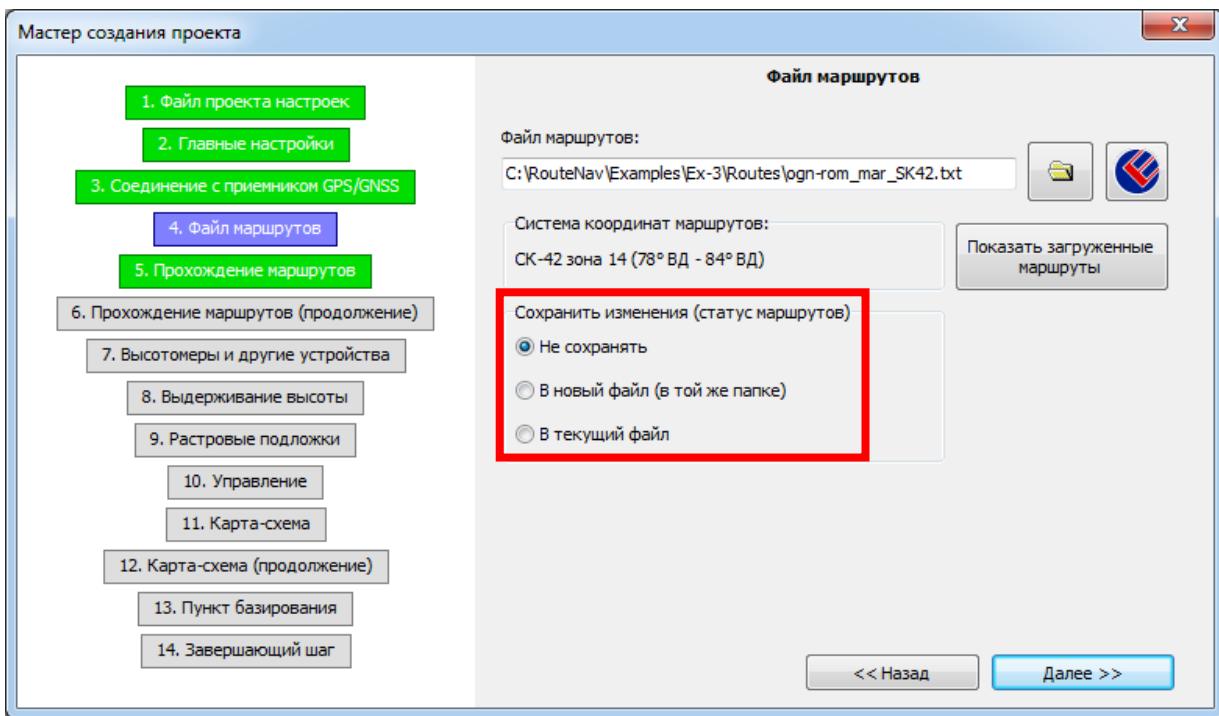


Рисунок 3.21 – Сохранение изменений в статусе маршрутов

Нажатие кнопки  приведет к открытию утилиты «редактор маршрутов» *RouteEditor* (описан подробно в п.п. 3.2.3). В этой утилите маршруты могут быть созданы и отредактированы.

Прохождение маршрутов.

Следующий шаг подразумевает настройку порядка и алгоритма прохождения маршрутов, рисунок 3.22. Прохождение маршрута возможно тремя способами: последовательно, с заданным шагом (после достижения последнего выполняется полет в обратном порядке с тем же шагом) и петлями.

В указанном окне можно задать прямой/обратный порядок прохождения маршрутов, а также задать первый маршрут (в том числе, выбрать из списка маршрутов вручную, см. рис. 3.20).

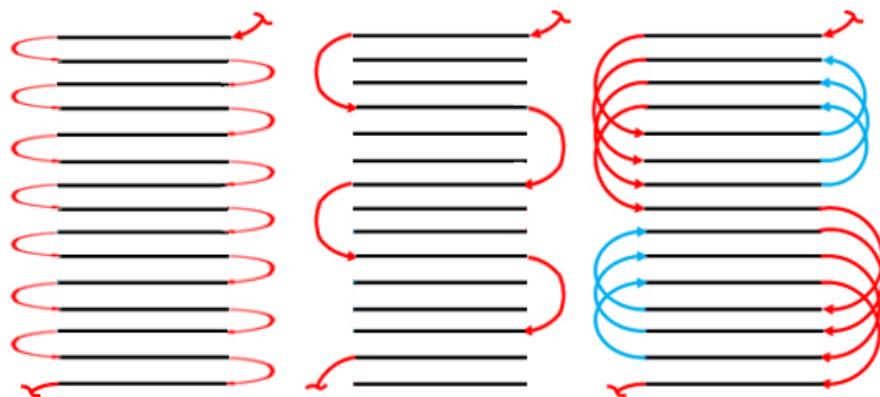
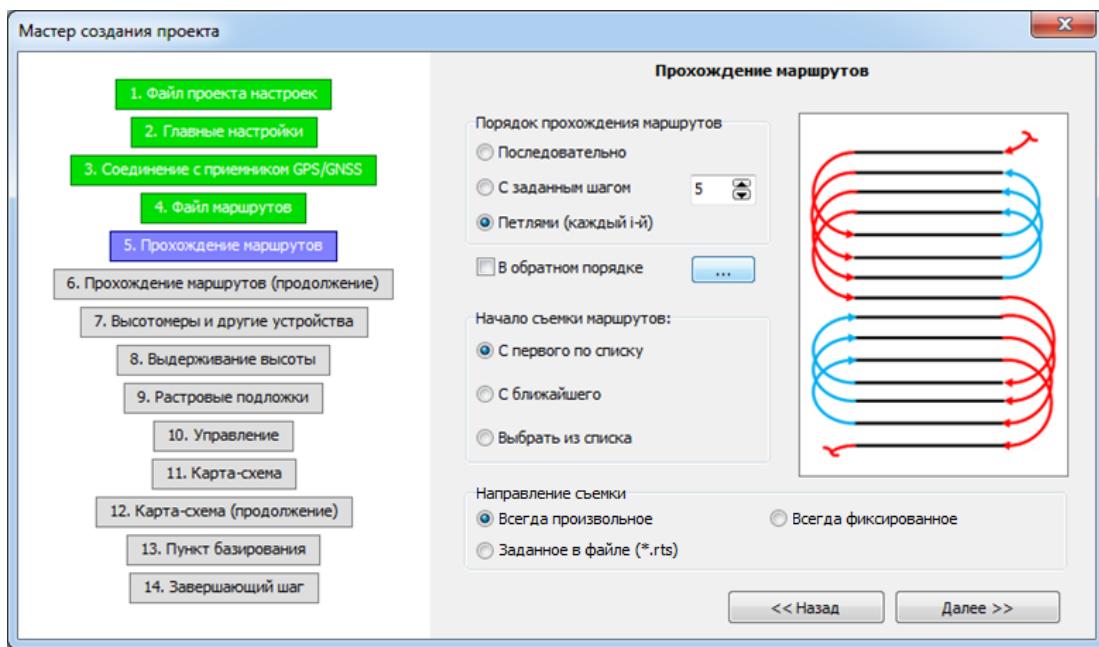


Рисунок 3.22 – Настройка алгоритма прохождения маршрутов (вверху) и варианты алгоритма прохождения маршрутов (снизу), слева направо: последовательно, последовательно с заданным шагом, «петлями»

Одной из функций, доступных начиная с версии 2.04, является настройка направления прохождения маршрутов. Три настройки определяют, всегда ли проходить маршруты от первой (по порядку) точки к последней или от ближайшей (с автоматической инверсией порядка). Кроме того, встроенный формат маршрутов *.rts позволяет настроить фиксированное направление прохождения одних маршрутов и произвольное – для других.

Маршруты, прохождение которых фиксировано, отображаются на карте-схеме со стрелками, показывающими направление прохождения, рисунок 3.23.

В случае захода на такие маршруты с конечной точки, программа автоматически потребует выполнить повторное прохождение. Маршрут с фиксированным направлением считается пройденным, если сход с него осуществляется через конечную точку.

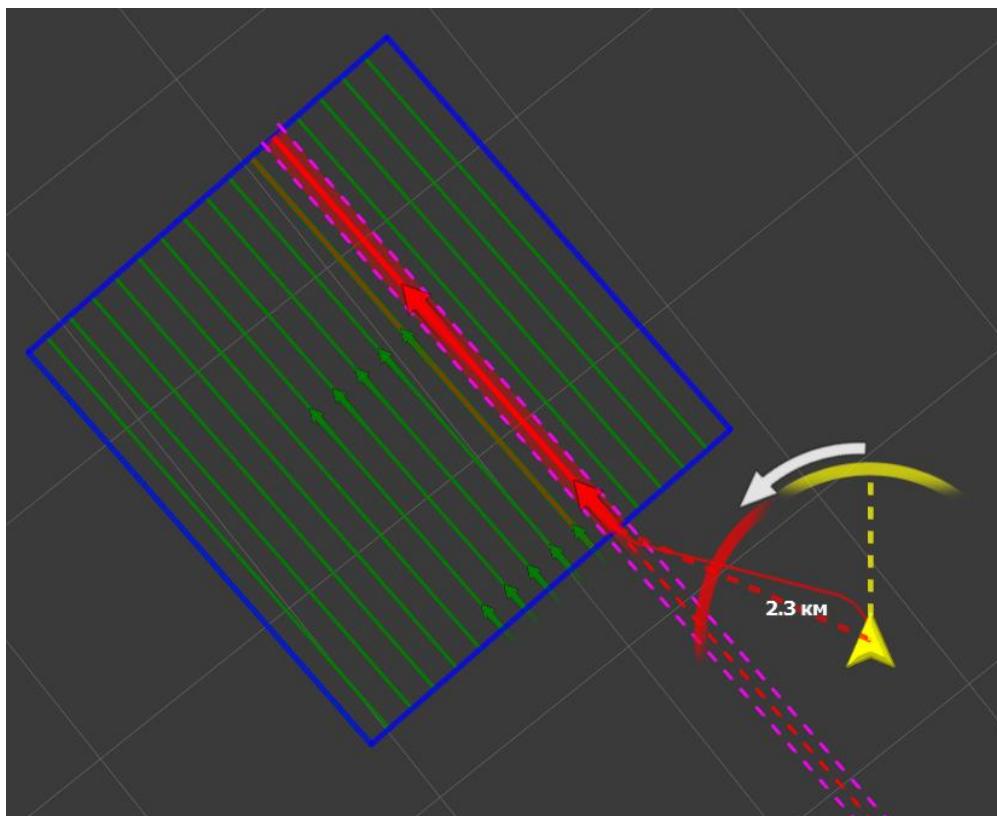


Рисунок 3.23 – Отображение маршрутов с фиксированным направлением прохождения

Прохождение маршрутов (продолжение).

Настройки прохождения маршрута разбиты на две части. Во второй части задаются допуски, влияющие на оценку качества и подсветку интерфейса программы во время полета, а также источник угла курса (азимута), рисунок 3.24.

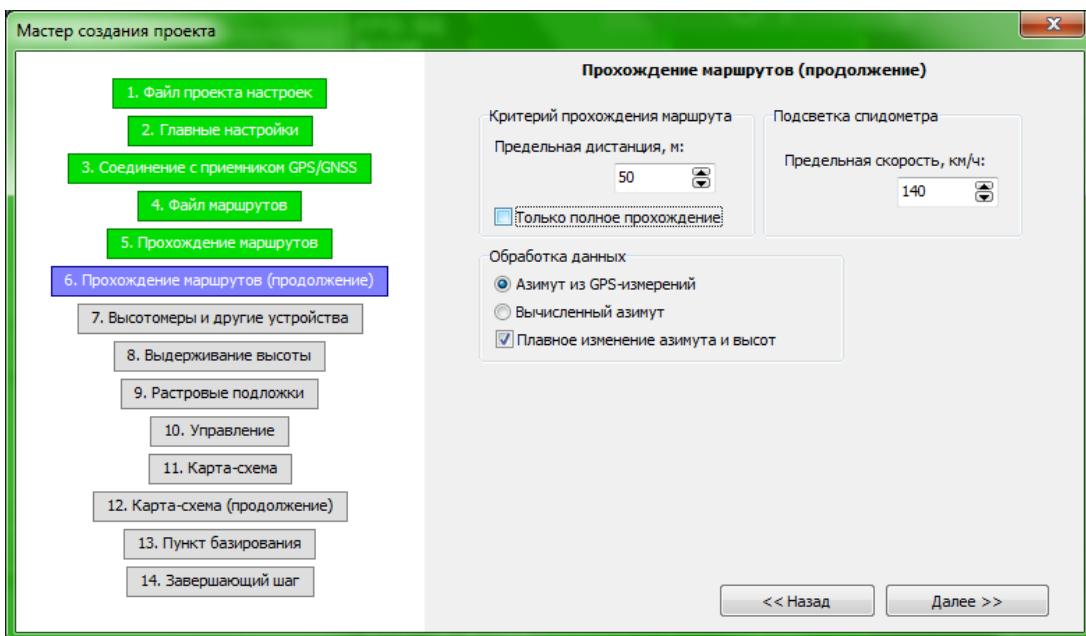


Рисунок 3.24 – Настройки прохождения маршрута (продолжение)

Предельная дистанция является одной из главных настроек программы (особенно, если в полете будет использоваться автоматический выбор режима полета). Требования к точности выдерживания должны исходить из технического задания или из межмаршрутного расстояния (желательно, не более $\frac{1}{2} - \frac{1}{4}$). Не следует устанавливать допуск менее 15 м при использовании авиации, так как пилоту будет физически сложно выполнить столь точное выдерживание траектории.

Опция «Только полное прохождение» не позволит оператору заходить на маршруты не сначала и завершать их преждевременно.

Предельная скорость полета при использовании выносных измерительных геофизических конструкций должна задаваться исходя из их характеристик и соображений безопасности.

Азимут может браться из сообщений ГНСС-приемника (истинный азимут) или вычисляться из дирекционного угла между смежными точками траектории.

Опция «плавное изменение азимута» сглаживает изменения отображаемой величины азимута для улучшения визуального восприятия карты-схемы.

Высотомеры и другие устройства.

Следующий пункт – настройка внешних устройств (высотомеры и/или дополнительный ГНСС-приемник), рисунок 3.25.

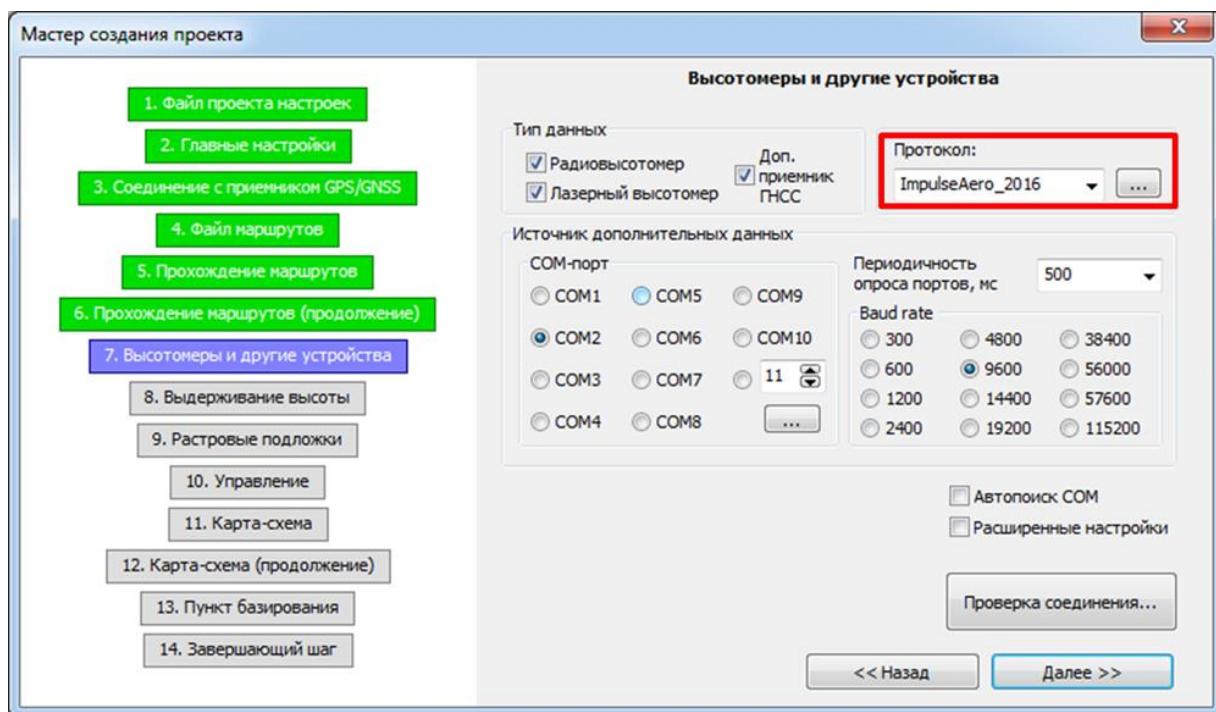


Рисунок 3.25 – Настройка подключения высотомеров и других устройств

Данный этап присутствует в списке, только если внешние устройства включены в главных настройках.

Подключение к внешним устройствам аналогично подключению к ГНСС-приемнику (включая поиск устройств и проверку соединения, а также автопоиск). Отличием настройки является настраиваемый протокол данных (см. рис. 3.25).

Протокол может быть выбран из списка (содержимое папки *Data\Protocols*). Настройка протоколов выполняется в редакторе *ProtEd*, вызываемом нажатием кнопки ..., рисунок 3.26.

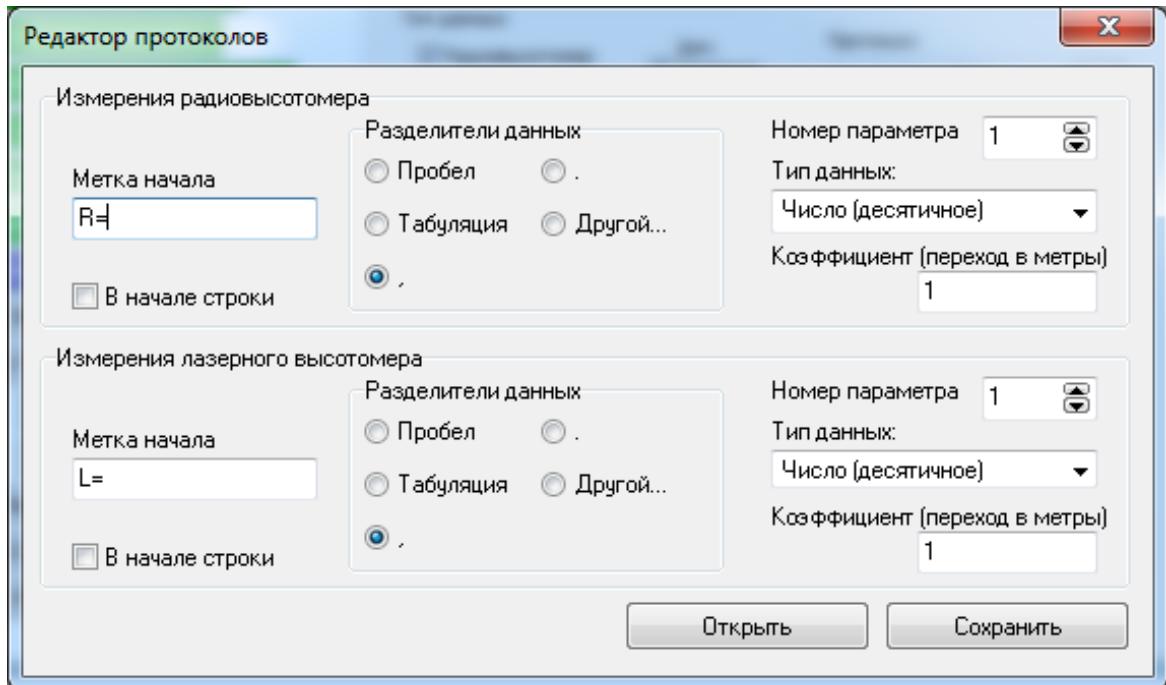


Рисунок 3.26 – Редактор протокола приема дополнительных устройств

Протоколы рассчитаны на прием данных в виде текста ASCII. Перед численными данными идет метка, обозначающая тип устройства, после чего следует разделитель и число (десятичное или шестнадцатеричное). Для перехода к метрам может использоваться коэффициент.

На рисунке 3.27 показан вариант настройки протокола для системы «Импульс-Аэро», выпущенной в 2016 г., подразумевающий прием в общем потоке сигналов радио- и лазерного высотомеров.

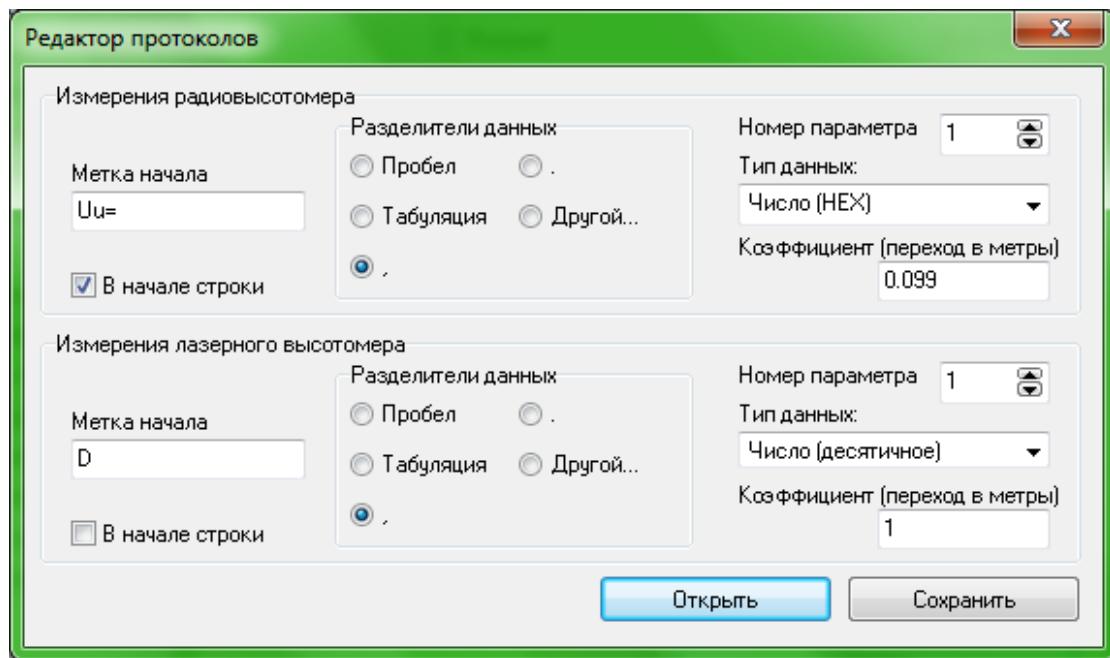


Рисунок 3.27 – Протокол «Импульс-Аэро» (2016)

Выдерживание высоты.

В случае подключения высотомеров встает задача контроля высоты над земной поверхностью, для чего должны быть заданы допуски минимальной (из соображений безопасности) и максимальной (для обеспечения необходимой глубинности измерений) пределы высот, рисунок 3.28.

Также настраивается показ специальной панели выдерживания высоты и датчика высоты (вариант, выводимый по умолчанию, он может быть изменен), рисунок 3.29.

Возможно подключение только одного дополнительного СОМ-порта. Однако информация с него может одновременно выводиться с трех типов устройств одновременно – лазерного и радиовысотомеров и второго ГНСС-приемника.

Панель, на которой отображается высота, в случае, если она получена с высотомера, дополнительно подсвечивается (зеленым/желтым/красным цветом) в зависимости от выдерживания допусков, заданных в настройках.

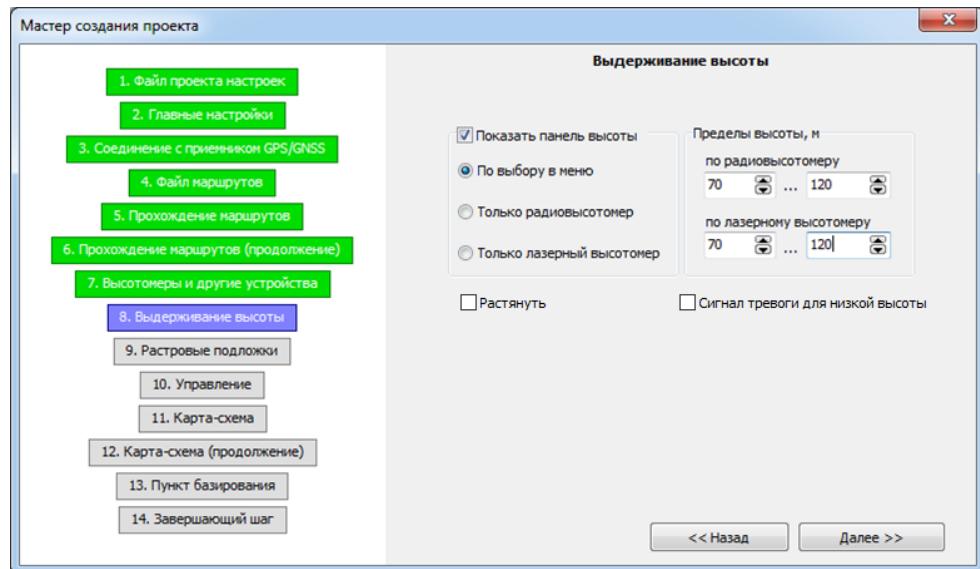


Рисунок 3.28 – Настройка выдерживания высоты

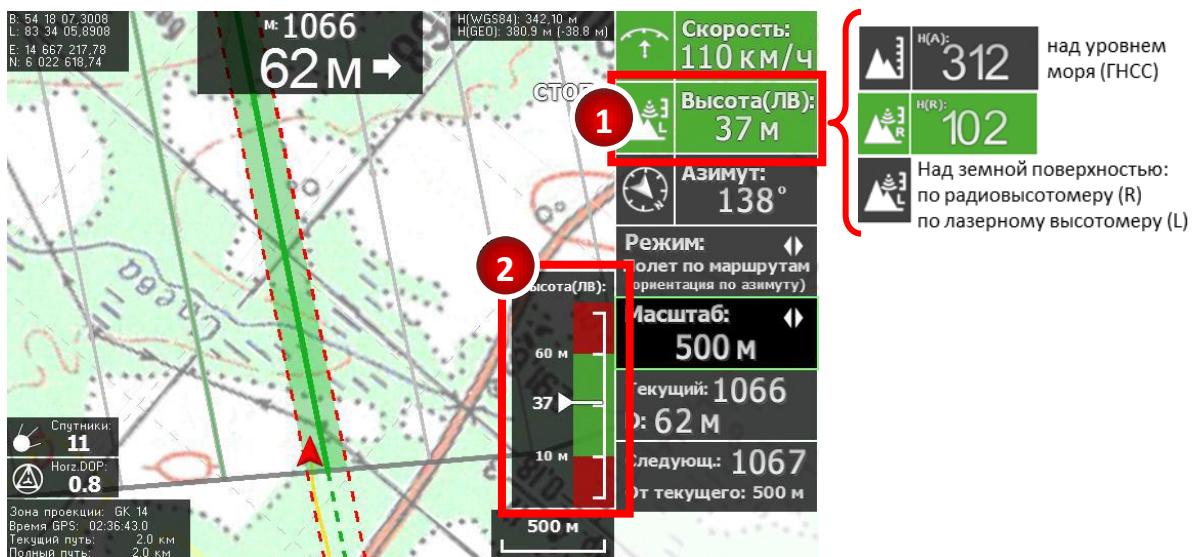


Рисунок 3.29 – Датчик высоты и варианты его отображения (1) и панель выдерживания высоты (2)

Линейка может быть растянута вдоль правой стороны карты-схемы (флажок «Растянуть»). Кроме того, при полете на низких высотах (ниже заданного допуска) может подаваться сигнал тревоги – мигающая надпись «ВЫШЕ!» в центре экрана при установке соответствующей настройки.

Допуски по умолчанию для высотометров различаются: рассчитывается, что лазерный высотометр устанавливается на выносную платформу (ее высота должна быть не более 70 м и не менее 30 м), а радиовысотометр – на летательный аппарат (с учетом длины трос-кабеля – высота 70 – 110 м), рисунок 3.30.

На практике установка высотометров может быть выполнена иначе, а значит и допуски могут быть заданы, исходя из реальной ситуации.

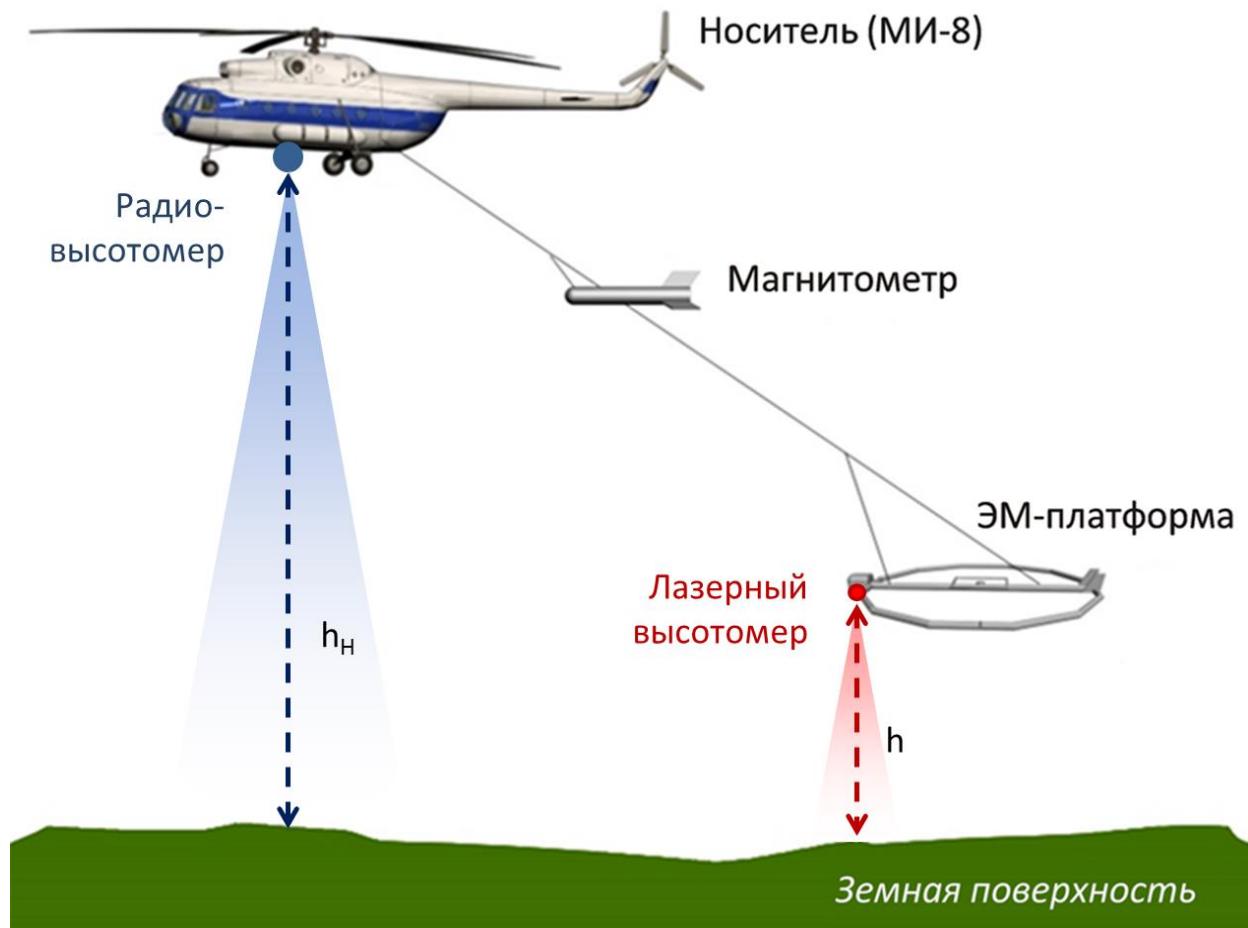


Рисунок 3.30 – Вариант установки двух высотометров

Растровые подложки.

Растровые подложки – карты и космоснимки – загружаются из файлов-контейнеров в формате *.asdb. Для их создания используются

утилиты *Raster* и *GetMap*, а также (ограниченно) *RouteEditor*. Окно настройки растровых подложек показано на рисунке 3.31.

Растровые подложки подготавливаются заранее, файлы с ними должны передаваться совместно с проектом полета.

Карты и космоснимки целесообразно использовать в режиме достижения участка работ и возвращения на базу. Выдергивание маршрута может осуществляться без подложки. Кроме того, в процессе выполнения работы существует возможность быстрого включения и выключения подложен.

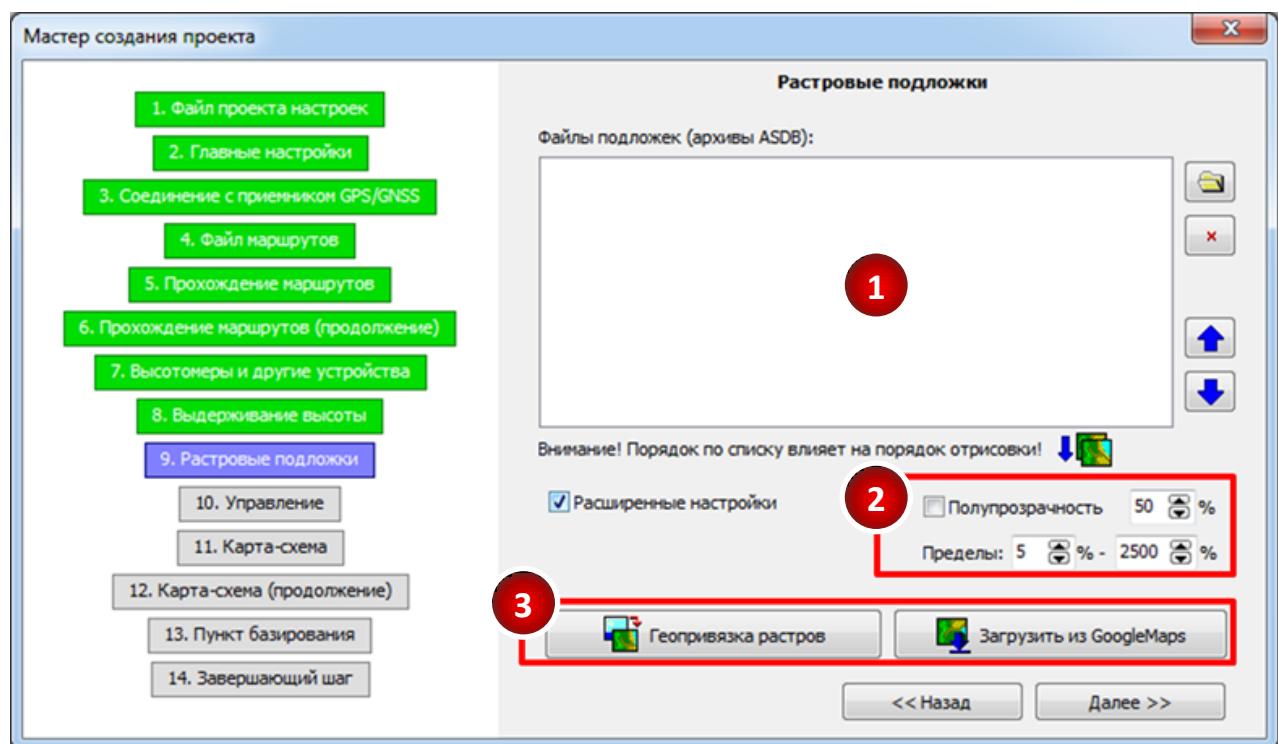


Рисунок 3.31 – Настройка растровых подложек: список файлов-подложек (1); расширенные настройки (2); вызов утилит создания подложек (3)

Загрузка подложек может осуществляться из неограниченного количества файлов (открыть – кнопка), причем порядок отрисовки будет зависеть от их положения в списке (чем ниже по списку, тем выше

слой отрисовки). Перемещение выше-ниже по списку осуществляется кнопками и , а удаление – кнопкой .

Для вывода подложек может быть настроена полупрозрачность и пределы вывода при различных масштабах (расширенные настройки). Пределы масштабов позволяют скрывать подложки при слишком большом уменьшении и увеличении, когда их вывод становится не целесообразным.

Подложки могут быть созданы двумя способами – геопривязкой растровых карт (см. п.п. 3.2.5) и автоматической загрузкой с картографических сервисов (см. п.п. 3.2.4). Вызов утилит для этих целей осуществляется соответствующими кнопками.

Маркеры.

Маркеры – точки с подписями, отображаемые для удобства навигации (пунсоном)¹, рисунок 3.32.

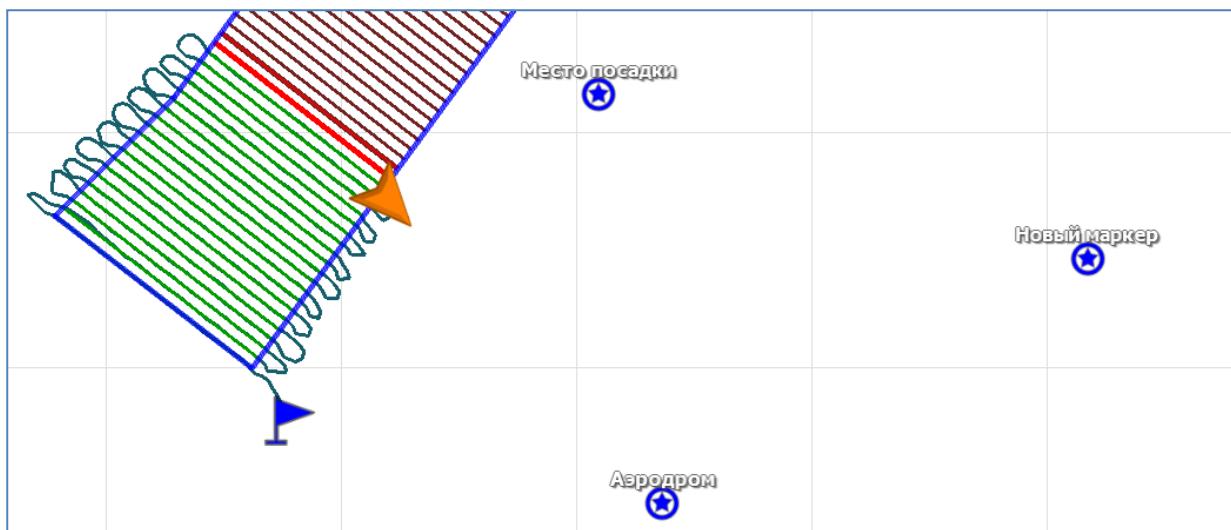


Рисунок 3.32 – Маркеры в ПО RouteNav

Файлы маркеров в формате `*.mark` могут быть подготовлены в редакторе маршрутов *RouteEditor* и в самой программе *RouteNav*.

Сам файл содержит в себе от трёх до пяти столбцов с разделителем табуляцией: имя маркера, широта и долгота WGS-84, эллипсоидальная и

ортометрическая высота. Вся настройка маркеров сводится к выбору файла-источника, рисунок 3.33.

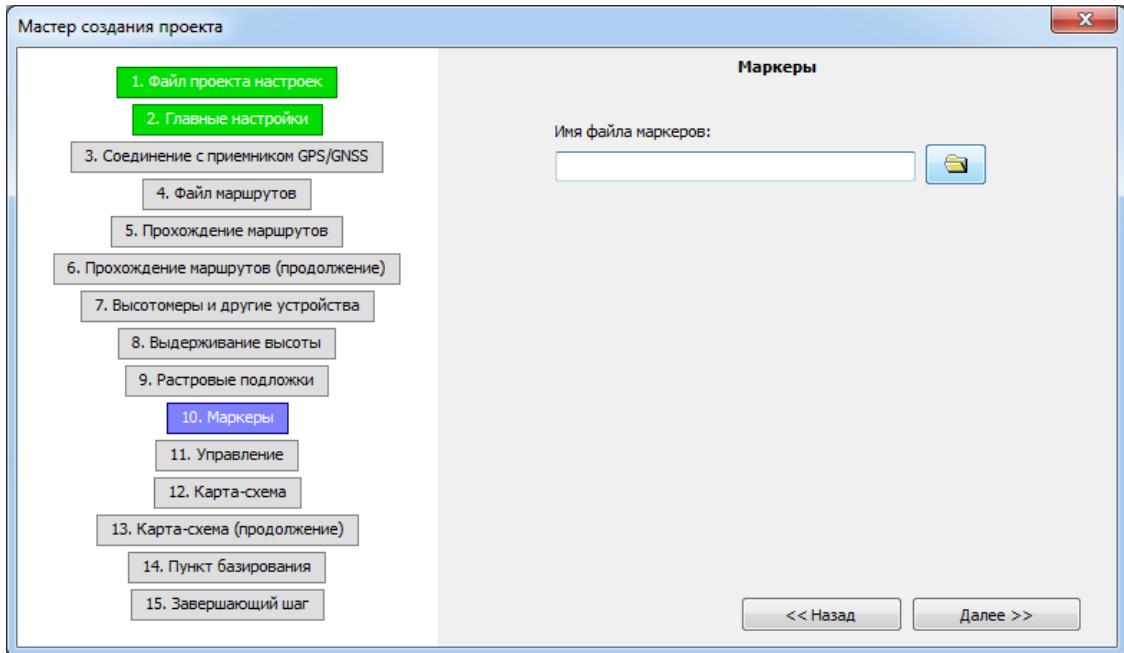


Рисунок 3.33 – Настройка файла маркеров

Управление.

Настройка управления включает в себя три составляющие – настройка автоматического режима, настройка джойстика (включая назначение кнопок), включение/выключение управления мышью, рисунок 3.34.

Автоматический режим подразумевает автоматическую смену режима пилотирования и масштаба. Настройка параметров режима осуществляется в дополнительном окне, вызываемом кнопкой , рисунок 3.35.

Настройки автоматического режима включают в себя условия (по расстояниям и скорости) смены режима и/или масштаба карты-схемы, соответствующего данному режиму. Кроме того, настраивается алгоритм действия программы при нарушении допуска выдерживания маршрута (спросить у пользователя; повторный залет по маршруту – при единичном и двойном превышении допуска; автоматический переход к ближайшему).

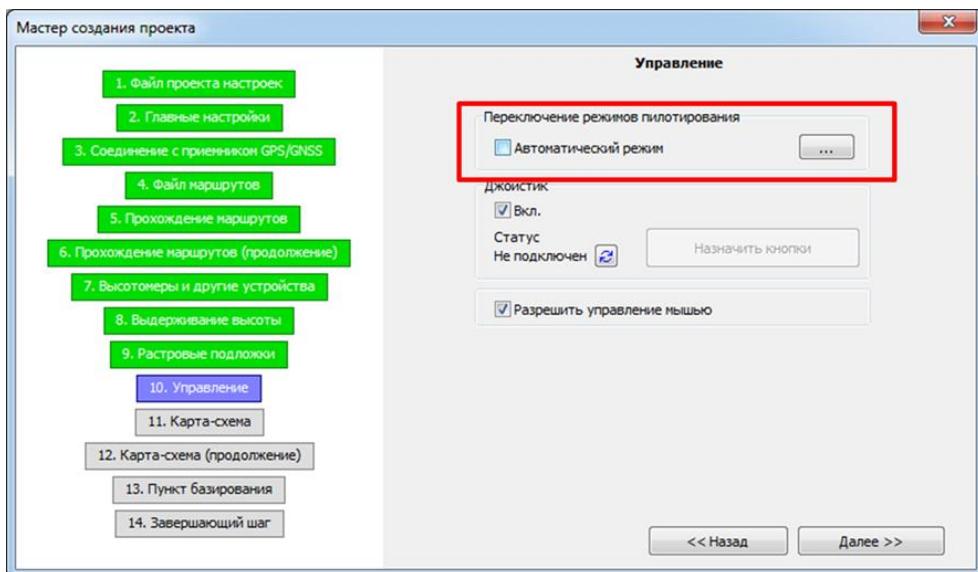


Рисунок 3.34 – Настройка управления

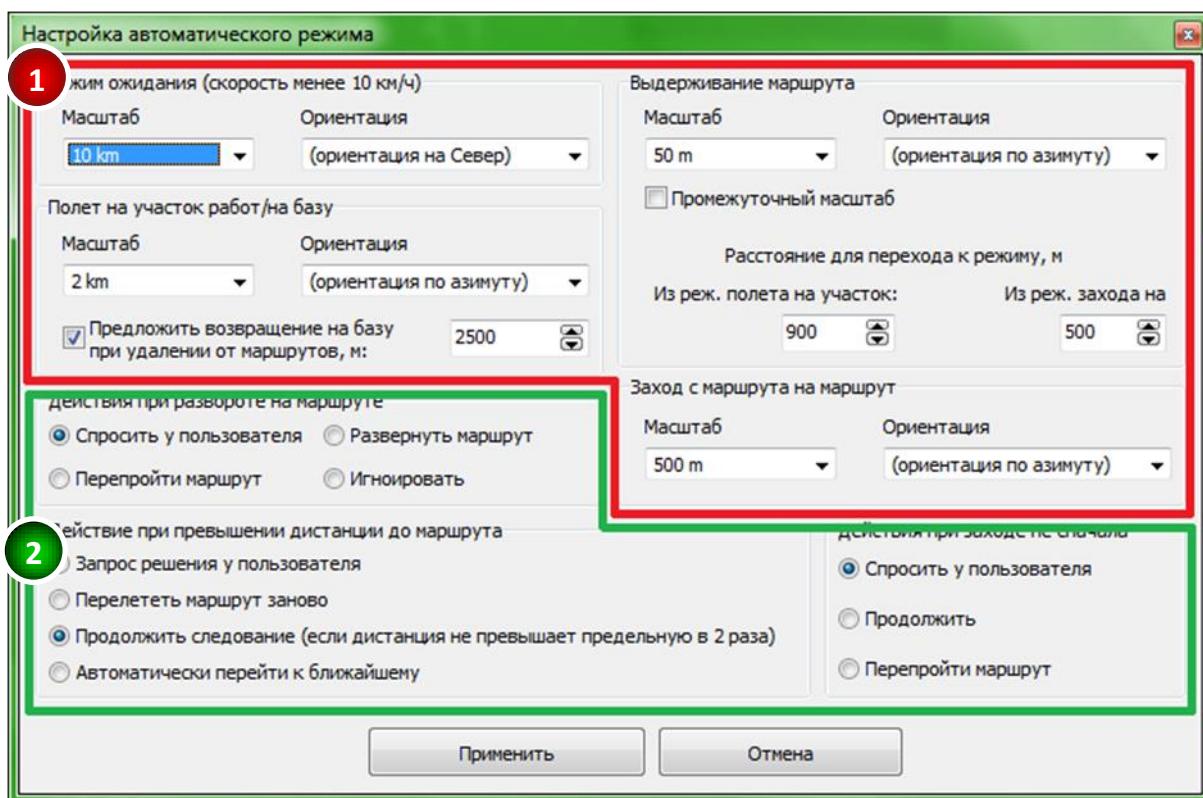


Рисунок 3.35 – Настройка автоматического режима: масштабы карты-схемы и условия смены режима полета (1) и действия при превышении допуска выдерживания маршрута и в ситуациях при изменении направления или заходе на маршрут не сначала (2)

В версии 2.04 появилась возможность вручную устанавливать критическую (вторую) дистанцию для автоматического запроса повторного прохождения, а также выполнять переход к режиму «на участок работ» из режима следования по маршрутам, если следующий маршрут находится на расстоянии, превышающем заданный критерий.

Управление джойстиком (или геймпадом) предусмотрено для удобства при нахождении на летательном аппарате. Меню «Назначить кнопки» позволяет подстроить управление под конкретное устройство.

Карта-схема.

Настройки вывода карты-схемы разбиты на два блока. Первый относится непосредственно к цветам и размеру отображаемых объектов, рисунок 3.36.

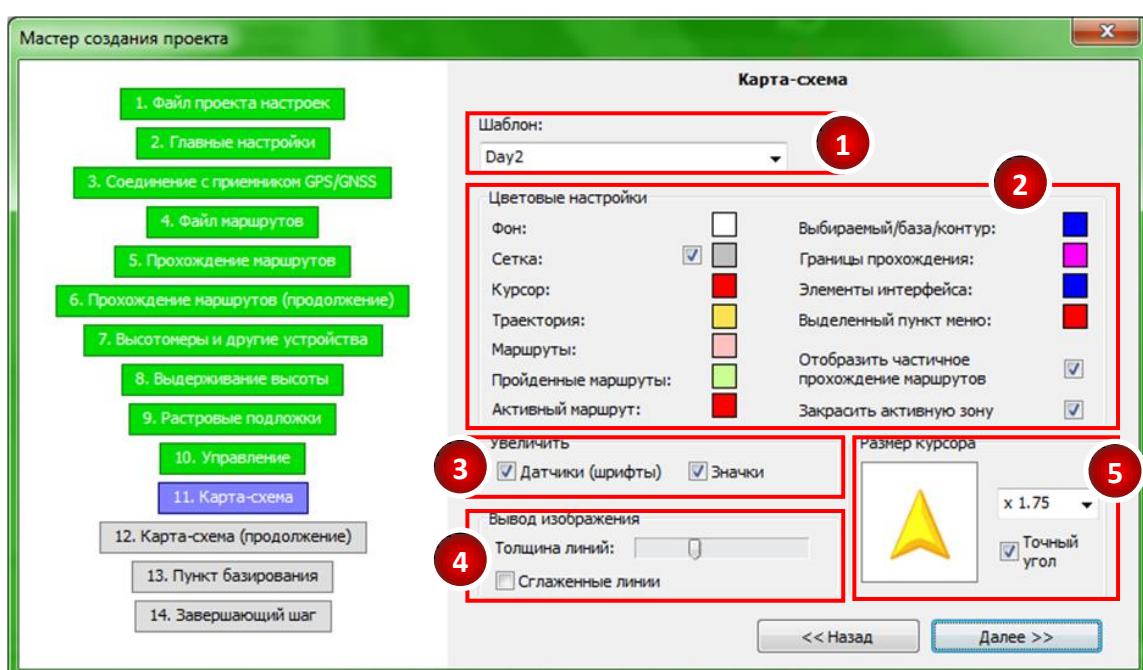


Рисунок 3.36 – Настройки объектов карты-схемы: Выбор или импорт шаблона оформления карты-схемы(1); цветовые настройки (2), размер датчиков и объектов карты-схемы (3); толщина и сглаживание линий (4); настройка размеров курсора перемещения (5)

Цветовые настройки позволяют задать цвета отдельным категориям объектов карты схемы, наиболее удобные для конкретных условий выполнения полета, рисунок 3.37.

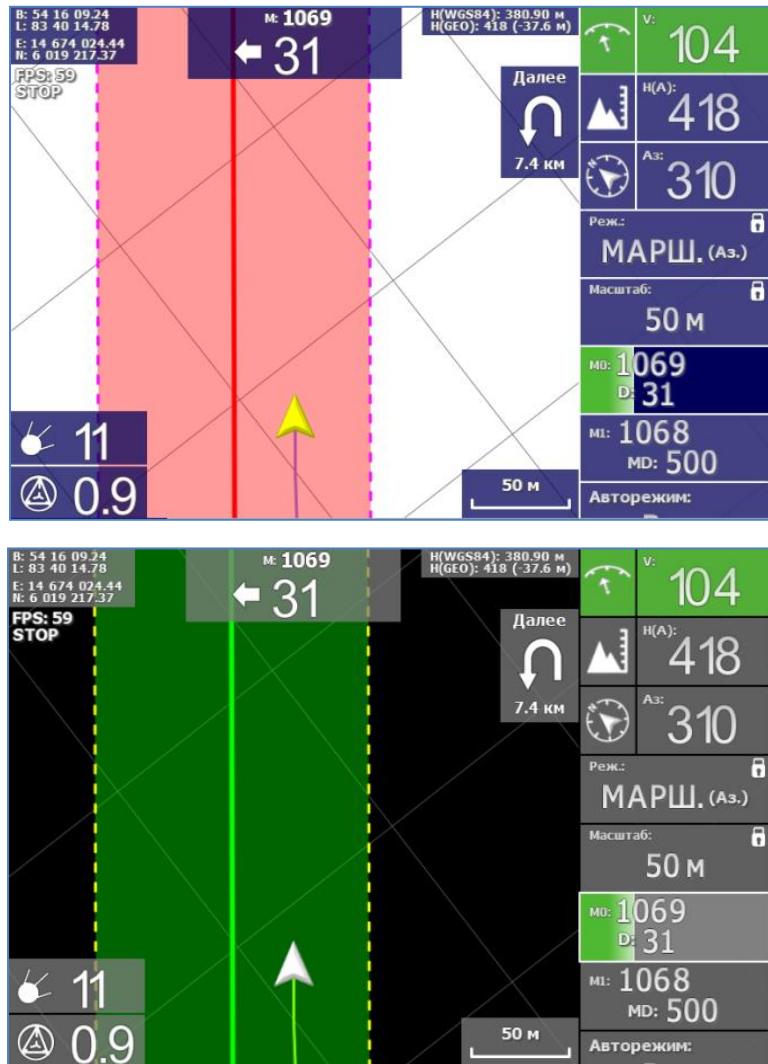


Рисунок 3.37 – Примеры различных цветовых настроек карты-схемы

Частичное (неполное) прохождение маршрута может отображаться на карте схеме при выборе соответствующей опции («отобразить частичное прохождение маршрутов»). В этом случае цветом, соответствующим пройденным маршрутам закрашиваются только их пройденные части, рисунок 3.38.

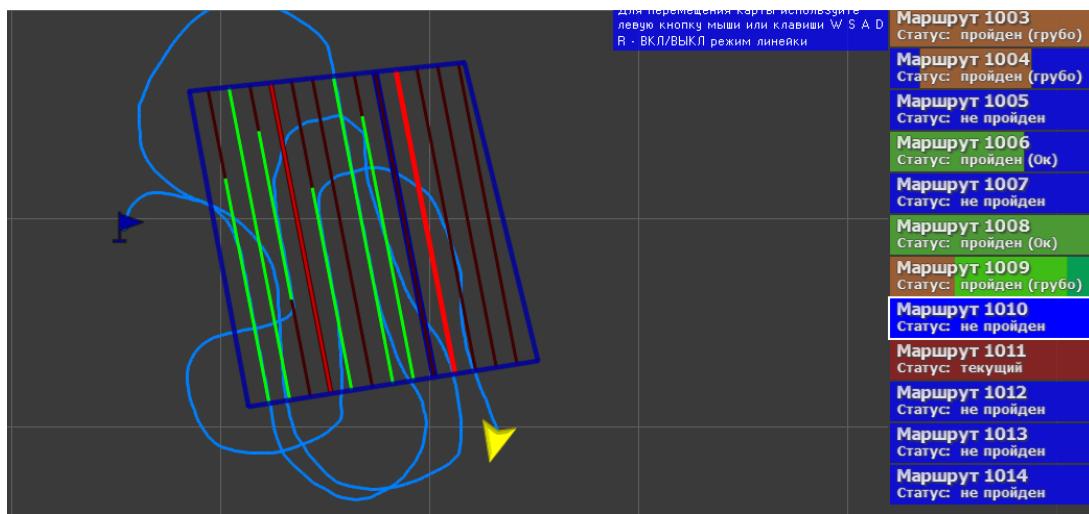


Рисунок 3.38 – Отображение частично пройденных маршрутов

На рисунке 3.39 так же показан различный вид датчиков – полный и сокращенный (увеличенный) и размер «значков» (точечных объектов карты-схемы).



Рисунок 3.39 – Рабочее окно RouteNav со стандартным (слева) и с увеличенным (справа) размерами значков и датчиков

Толщина линий также может варьироваться от «волосяной» (один пиксель) до очень жирной (шесть пикселей), рисунок 3.40.

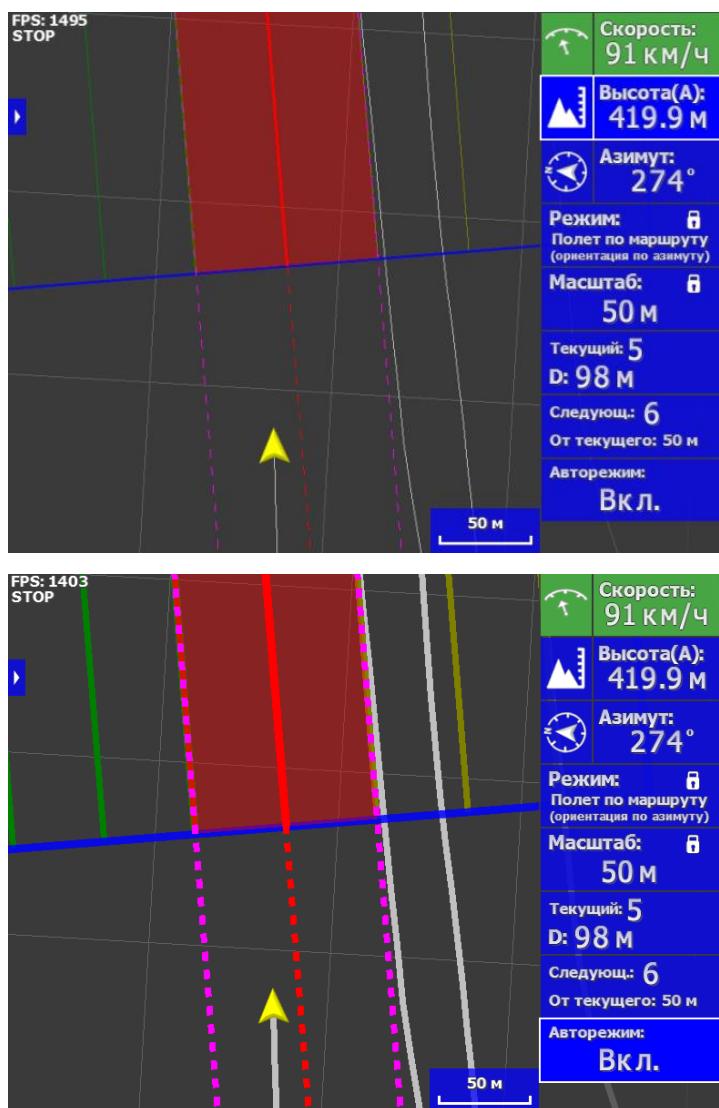


Рисунок 3.40 – Различная толщина линий

Настройка «точный угол» делает поворот курсора перемещения независящим от поворота экрана (при ориентации по азимуту). Так как при ориентации по азимуту карта-схема поворачивается только при определенных пороговых изменениях ориентации (что сделано для более плавного вывода), эта опция компенсирует данное несоответствие.

Сглаживание линий позволяет визуально улучшить выводимую графику, однако требует производительности процессора и видеoadаптера.

Карта-схема (продолжение).

Вторая часть опций относится к отображаемым датчикам и вспомогательным линиям, рисунок 3.41.

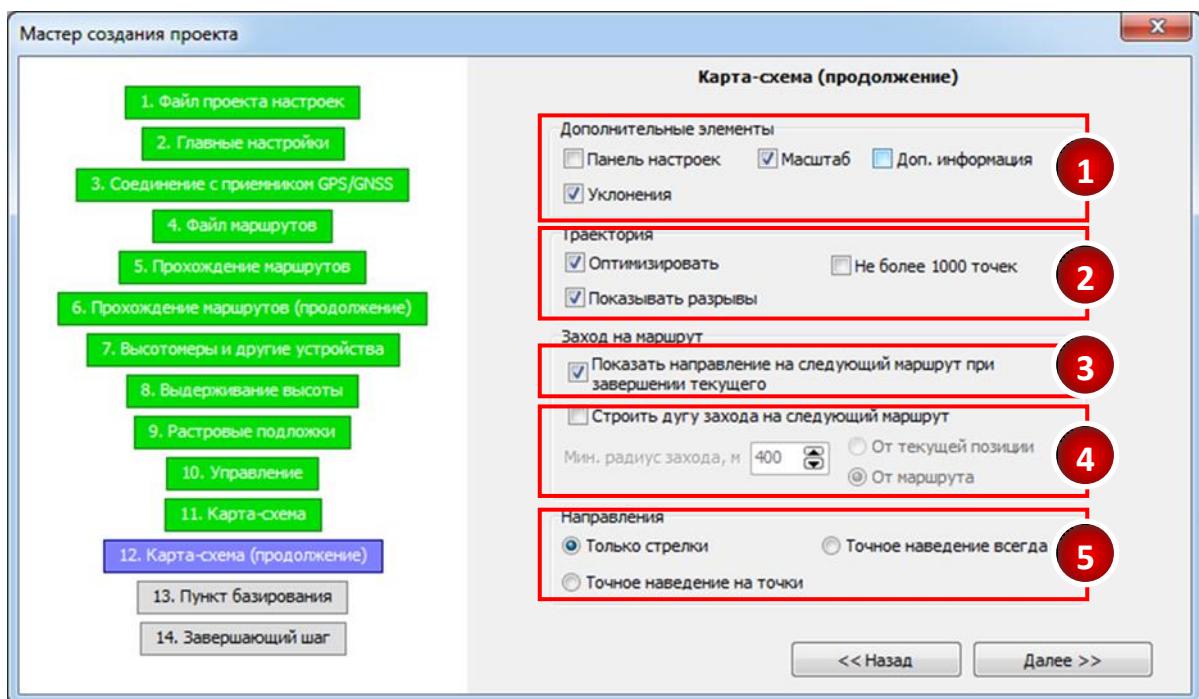


Рисунок 3.41 – Дополнительные настройки карты-схемы: дополнительные датчики (1); вывод траектории (2); показать направление на следующий маршрут при приближении к концу текущего (3); рекомендуемая траектория захода на смежный маршрут (4); тип индикатора направления (5)

Вне панели датчиков, поверх карты-схемы могут выводиться дополнительные элементы, рисунок 3.42. Эти элементы могут быть показаны или скрыты в зависимости от настроек. Подписи на рисунке 3.42 соответствуют именам опций на рисунке 3.41 (1).

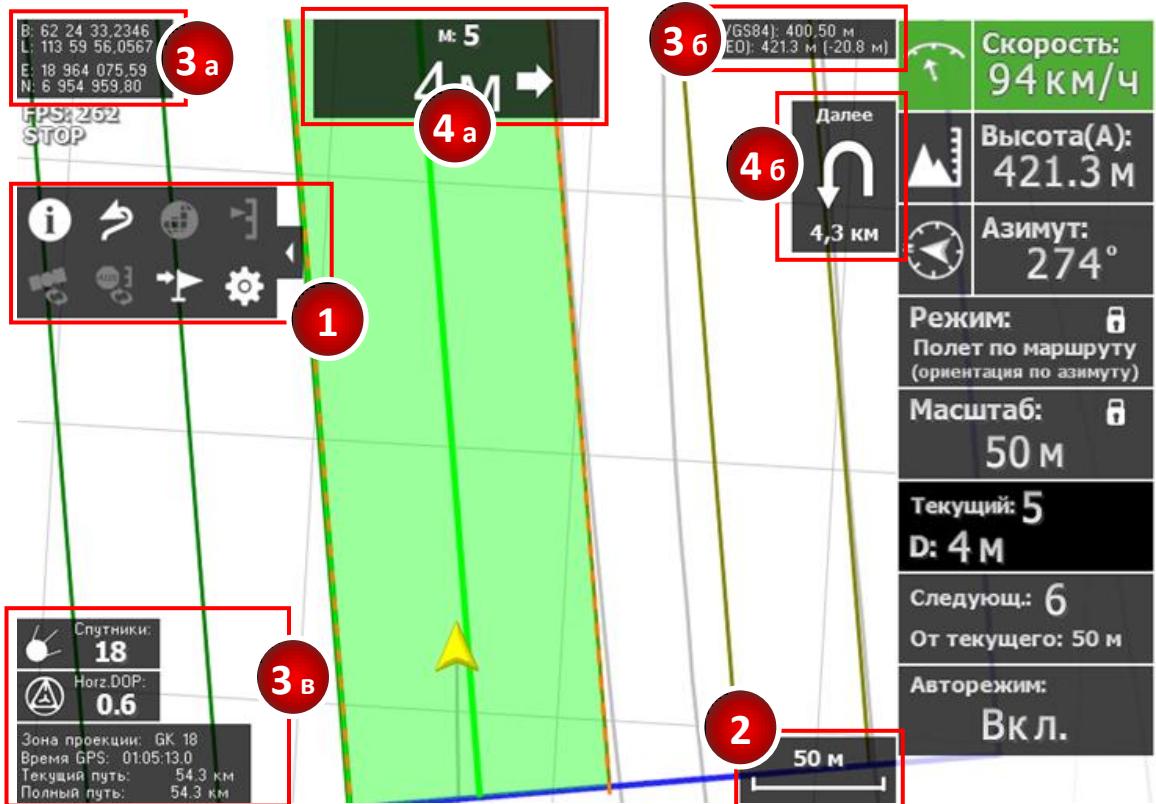


Рисунок 3.42 – Дополнительные (отключаемые) элементы интерфейса: панель настроек (1); масштаб (2); доп. информация (3 а,б,в); уклонения (4 а,б)

Вывод траектории может быть выполнен с различными ограничениями – как по количеству точек, оптимизации (рекомендуется для повышения быстродействия) и показу «разрывов» (считается, что между двумя точками траектории имеет место разрыв, если разница по времени их получения превышает предыдущие). На рисунке 3.43 показан вывод всей траектории и части из 1000 точек.

При прохождении маршрутов для удобства имеется возможность как вывода условного знака следующего маневра на панели уклонений (см. рис. 3.42 (4б)). Также существует возможность заблаговременного вывода индикатора-стрелки на следующий маршрут, рисунок 3.44.

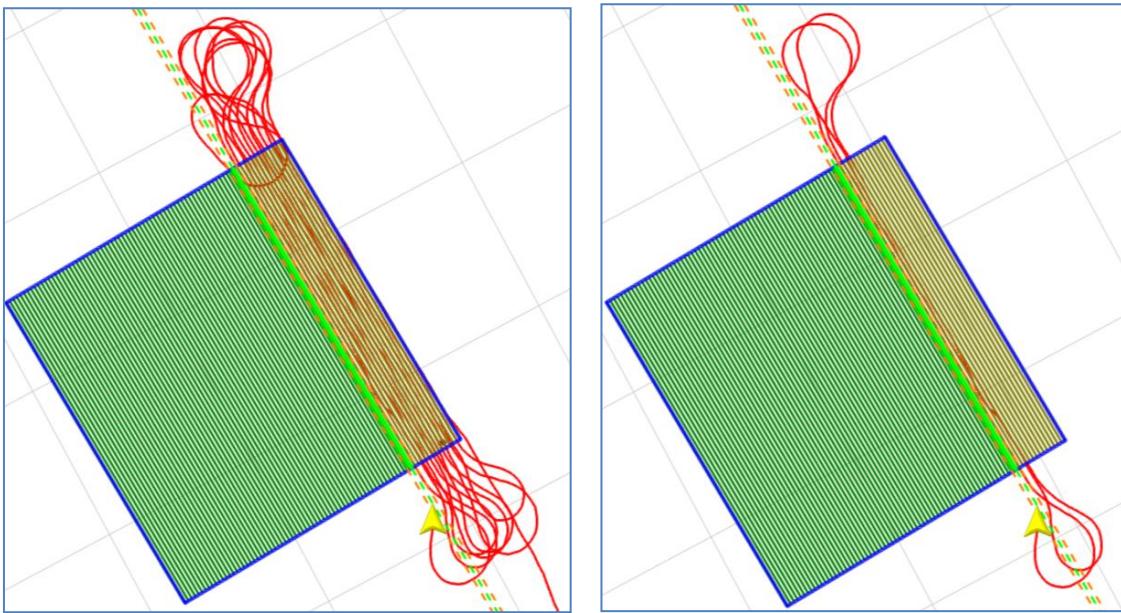


Рисунок 3.43 – Вывод полной траектории (слева) и ограниченной 1000 точек (справа)

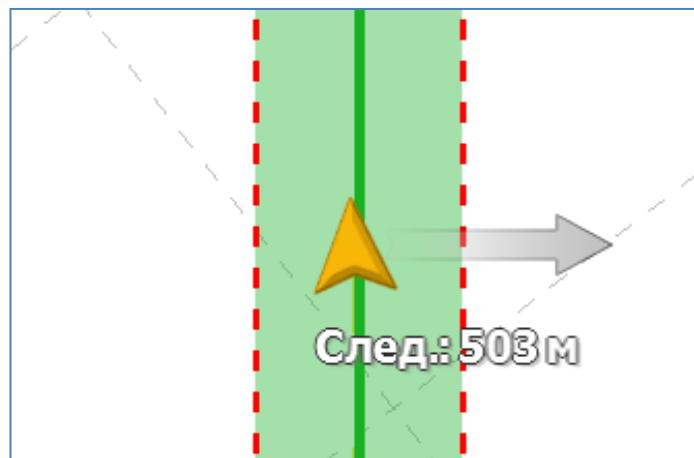


Рисунок 3.44 – Индикатор-стрелка с направлением на следующий маршрут

В программе RouteNav предусмотрена возможность построения рекомендуемой траектории захода на маршрут. Данная функция может быть реализована двумя разными методами – «от текущей позиции» – постоянно обновляемая дуга и «от маршрута» – единожды выстраиваемая

(при завершении предыдущего маршрута) рекомендуемая траектория, рисунок 3.45.

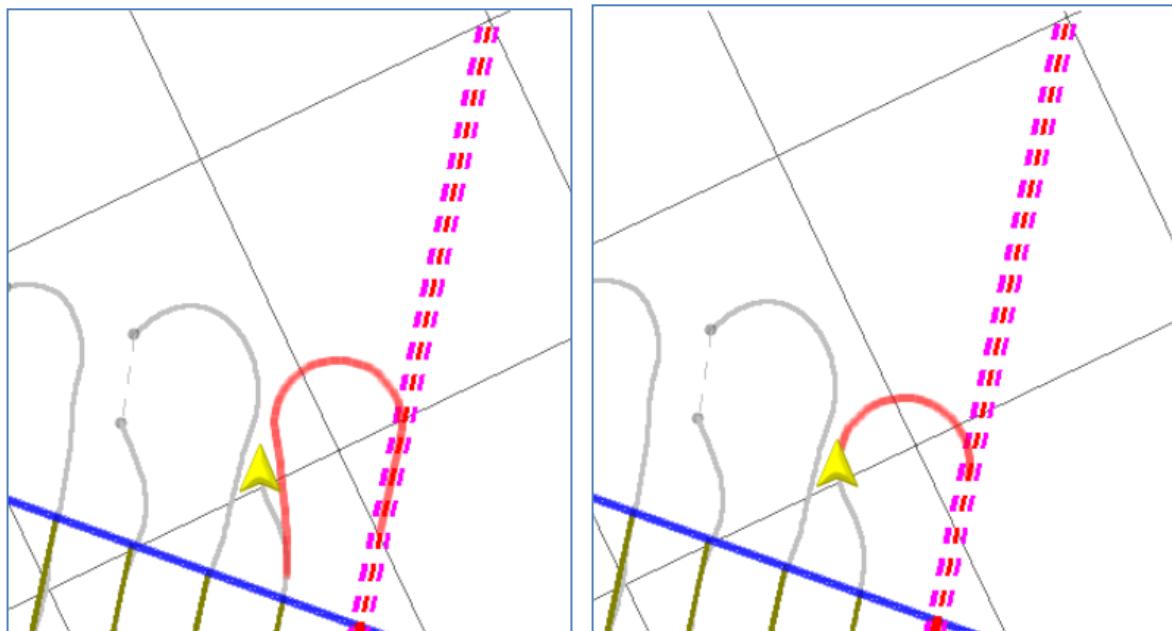


Рисунок 3.45 – Рекомендуемая траектория захода на смежный маршрут от предыдущего (слева) и от текущей позиции (справа)

При использовании режима «от текущей позиции» рекомендуется уменьшить величину минимального радиуса разворота в два раза относительно фактической. Для носителя типа Ми-8 рекомендуемый радиус дуги: 400 м и 200 м в режиме от маршрута и от текущей позиции соответственно.

Также имеется несколько методов указания направления – в виде индикатора-стрелки и в режиме «точного ориентирования». Режим стрелок-индикаторов (опция «только стрелки») позволяет выполнять наведение по указанному направлению с помощью стрелок. Точное наведение предполагает отображение текущего азимута, азимута на точку и рекомендации по корректировке курса, что удобно при следовании к участку работ и на базу (опция «наведение на точки») и может также

использоваться также и при заходе на маршрут (опция «точное наведения всегда»).

Внешний вид различных способов наведения приведен на рисунке 3.46.



Рисунок 3.46 – Режимы отображения направлений: стрелкой (слева) и «точным наведением» (справа)

Пункт базирования.

Заключительным этапом создания полета настроек является установка координат пункта базирования, рисунок 3.47.

Координаты пункта базирования могут быть заданы автоматически (метод присвоения: авто) – по первому определенному местоположению либо введены вручную. При ручном вводе координаты вводятся в виде широты и долготы WGS-84 (как в формате градусов-минут-секунд, так и в виде градусов с долями). Кроме этого может использоваться встроенный геокалькулятор (не путать с утилитой *GeoCalc*) для ввода в произвольной системе координат. Вызов геокалькулятора осуществляется кнопкой , рисунок 3.48.

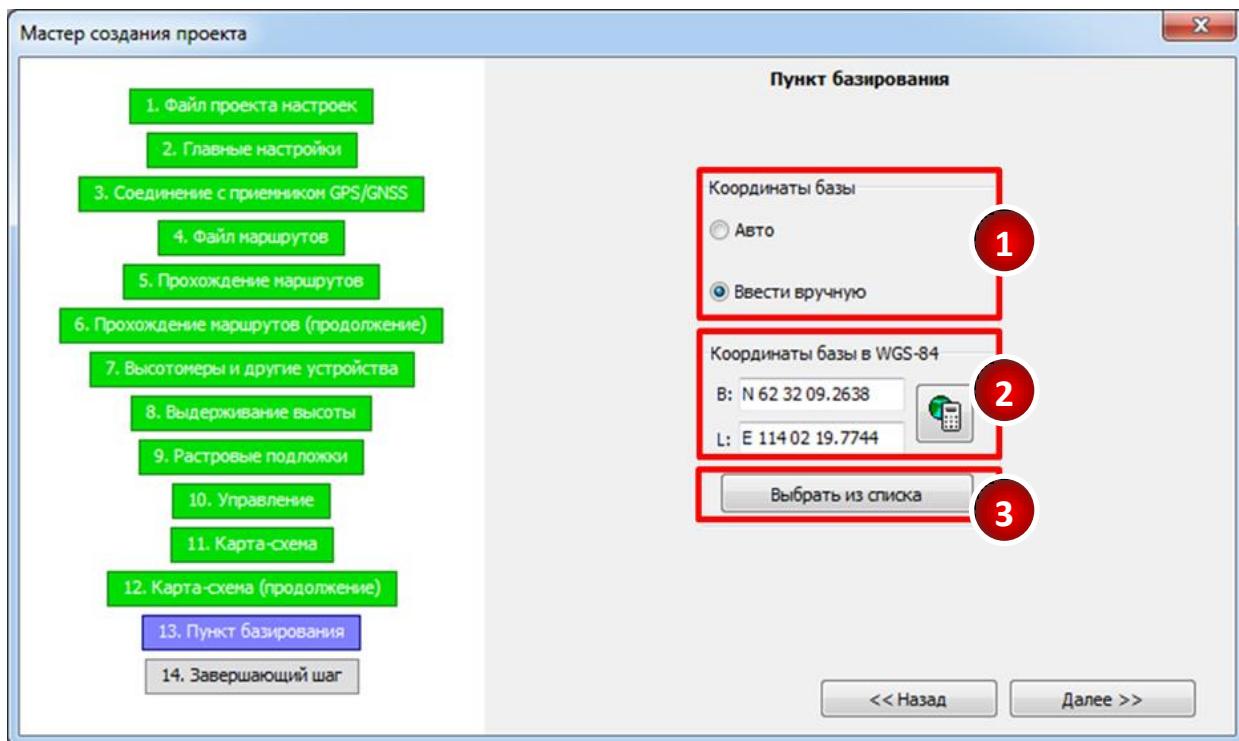


Рисунок 3.47 – Настройка местоположения базы: метод присвоения (1);
ввод координат (2); выбор координат из списка (3)

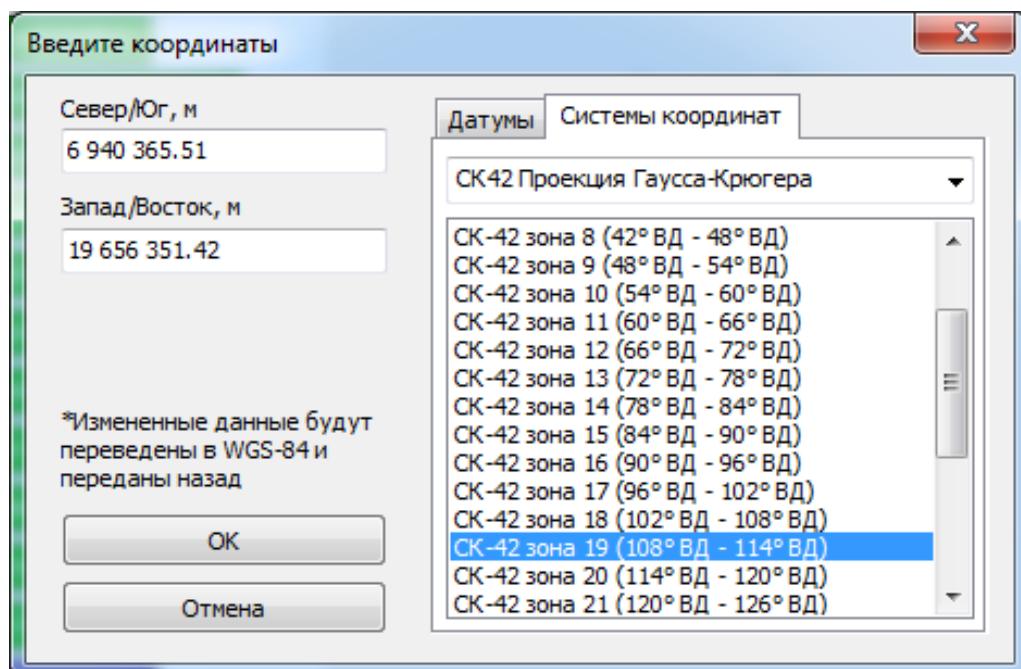


Рисунок 3.48 – Встроенный геокалькулятор

После ввода координат в геокалькуляторе, они возвращаются в настройки программы уже преобразованные в систему координат WGS-84.

Также может быть задан пункт базирования из редактируемого списка (кнопка «Выбрать из списка»), рисунок 3.49.

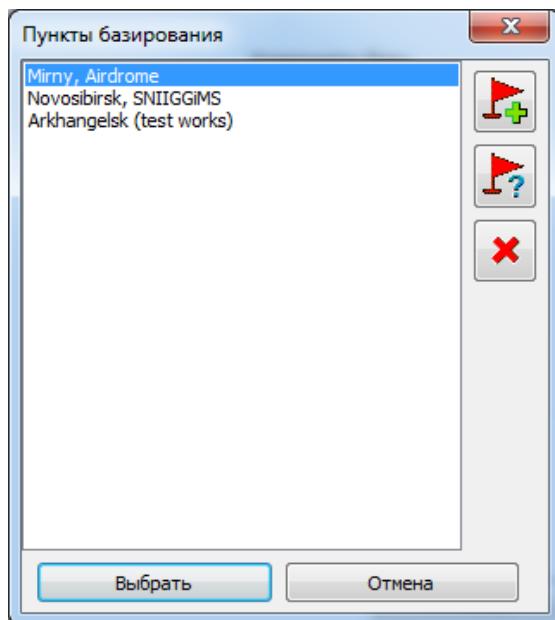


Рисунок 3.49 – Список пунктов базирования

Пункты списка содержат координаты и имена пунктов базирования. Кнопки окна списка позволяют добавлять () , редактировать (img alt="red flag with ?") и удалять базы (img alt="red flag with X").

Воспроизведение полета.

Режим эмуляции (воспроизведения) полета позволяет «проиграть» выполненный вылет (например, из папки *Data\Logs\GPS*), рисунок 3.50.

В настройках задается формат протокола файла (в настоящее время только NMEA0183), наличие продолжений (в соответствии с форматом нумерации, заданном в *Logs*), наличие фильтрации (удаление не учитываемых строк).

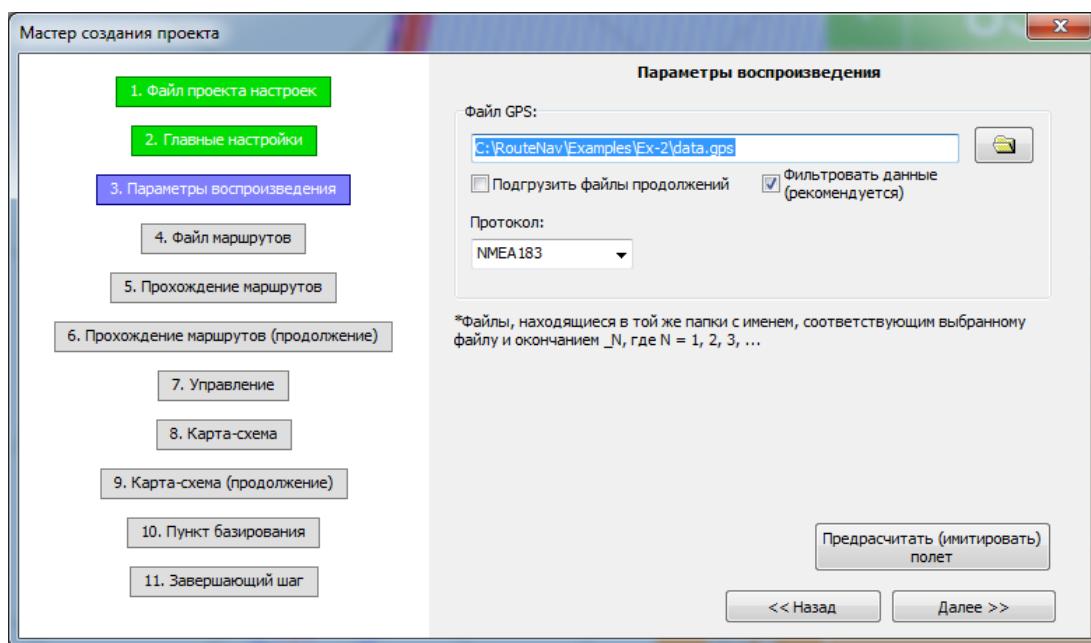


Рисунок 3.50 – Настройка воспроизведения полета

Продолжения выбранного файла должны иметь вид:

{имя_исходного_файла}_{№}.{расширение_исходного_файла}

Например, если исходный файл имеет имя: *fly.gps*, то продолжения будут иметь вид: *fly_1.gps; fly_2.gps; fly_3.gps* и т.д.

Кнопка «Предрасчитать (имитировать) полет» открывает редактор маршрутов *RouteEditor* в специальном режиме имитации полета (см. п.п. 3.2.3).

3.2.2.2 Ручное изменение настроек полета

Созданный проект может быть отредактирован в меню настроек. Оно может быть вызвано из главного меню программы или горячей клавишей F1. Настройки разбиты на категории, примерно соответствующие этапам Мастера создания проекта, рисунок 3.51.

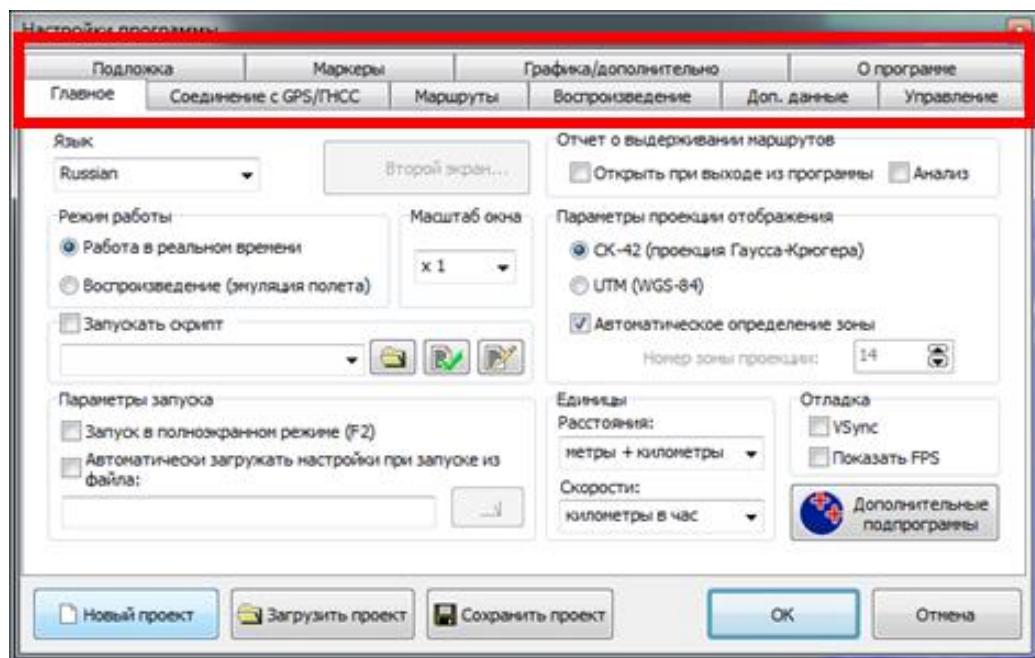


Рисунок 3.51 – Категории окна настроек RouteNav

Часть настроек вкладки «Главное» соответствует глобальным параметрам программы (описаны далее в 3.2.2.3). Остальные полностью повторяют настройки, описанные выше для мастера создания проекта полета.

Некоторые параметры полета могут быть изменены даже в процессе полета с помощью панели быстрых настроек, рисунок 3.52.

Панель в свернутом виде представляет собой кнопку со стрелкой , клик по которой разворачивает меню из кнопок. Повторное нажатие сворачивает панель. Более подробное описание панели приведено в п. 3.3.

Наличие панели быстрых настроек на экране программы задается в настройках полета.

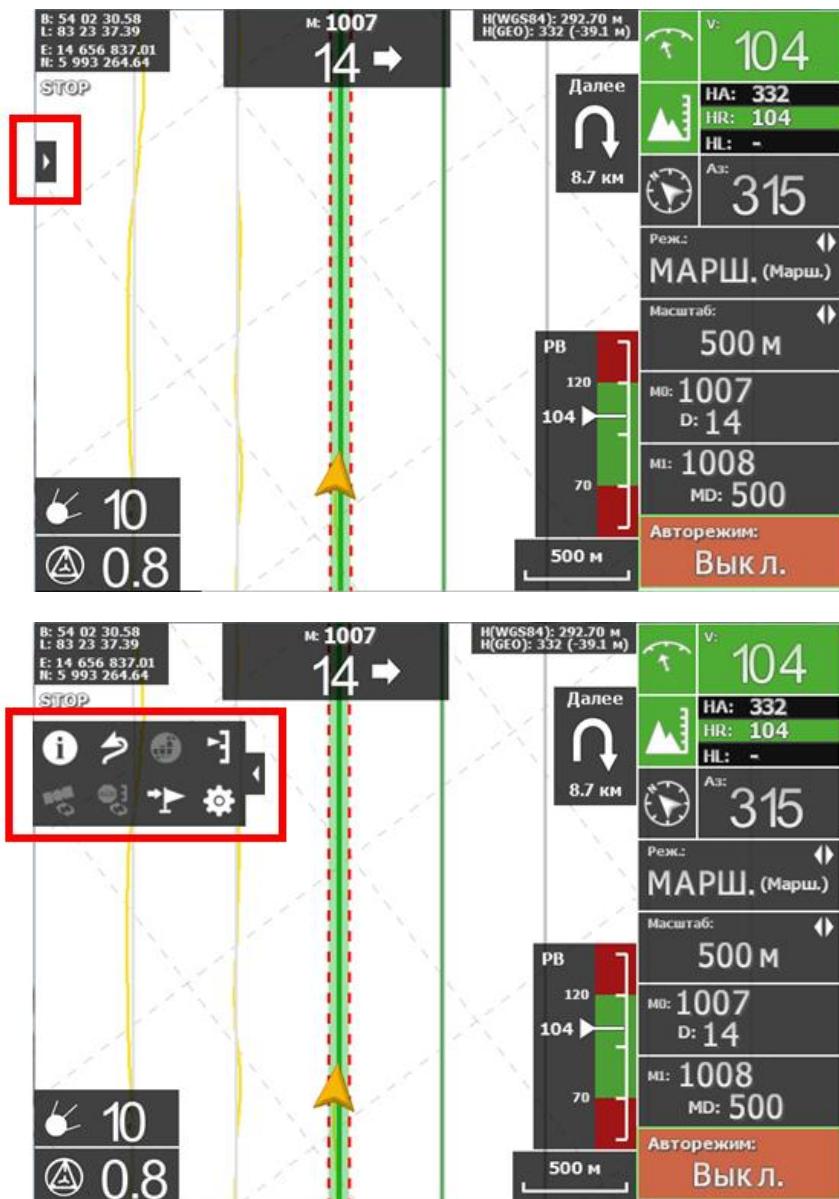


Рисунок 3.52 – Панель быстрых настроек в свернутом (слева) и развернутом виде (справа)

3.2.2.3 Глобальные настройки программы RouteNav

Кроме настроек полета, в программе присутствуют глобальные настройки, хранящиеся отдельно и относящиеся к функционированию программы в целом. Все они находятся во вкладке «Главное» окна настроек, рисунок 3.53.

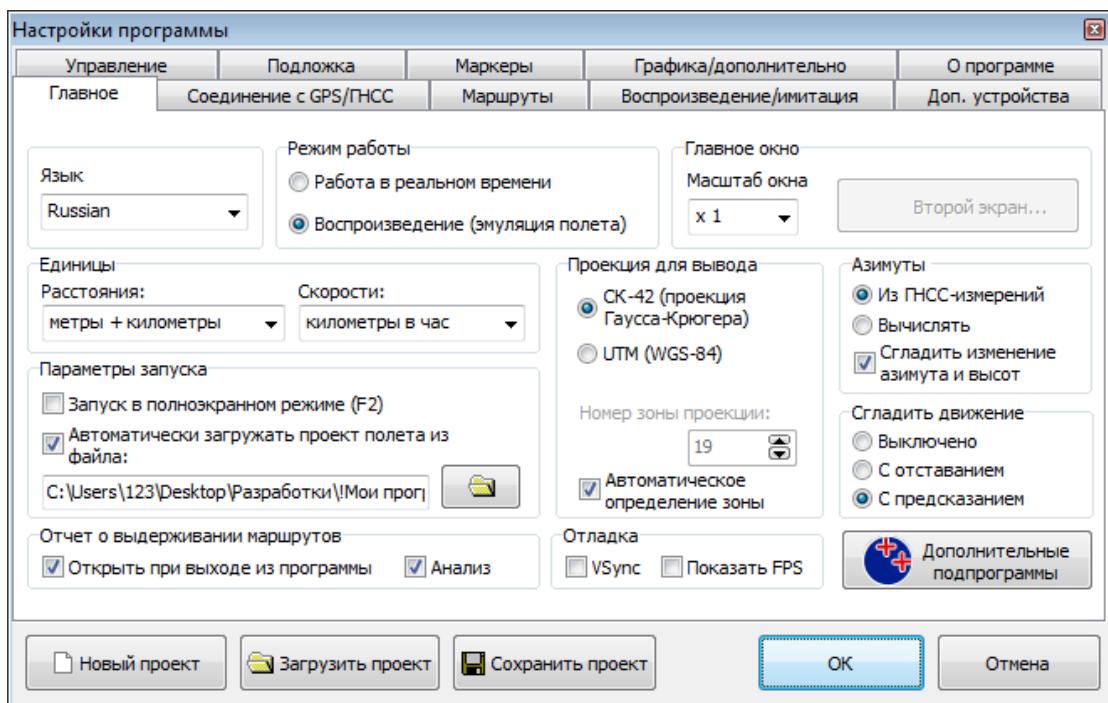


Рисунок 3.53 – Вкладка «Главное» окна настроек RouteNav

Язык интерфейса.

Интерфейс программы может отображаться на русском или английском языке.

Меню «второй экран».

Одноименная кнопка запустит настройку отображения второго экрана. Данный режим предназначен для формирования двух *независимых* изображений на экране оператора и пилотов, рисунок 3.54.

При этом на главном экране (оператора) отобразится масштабируемая миниатюра рабочего окна программы, которое перенесется на экран ПИЛОТОВ.

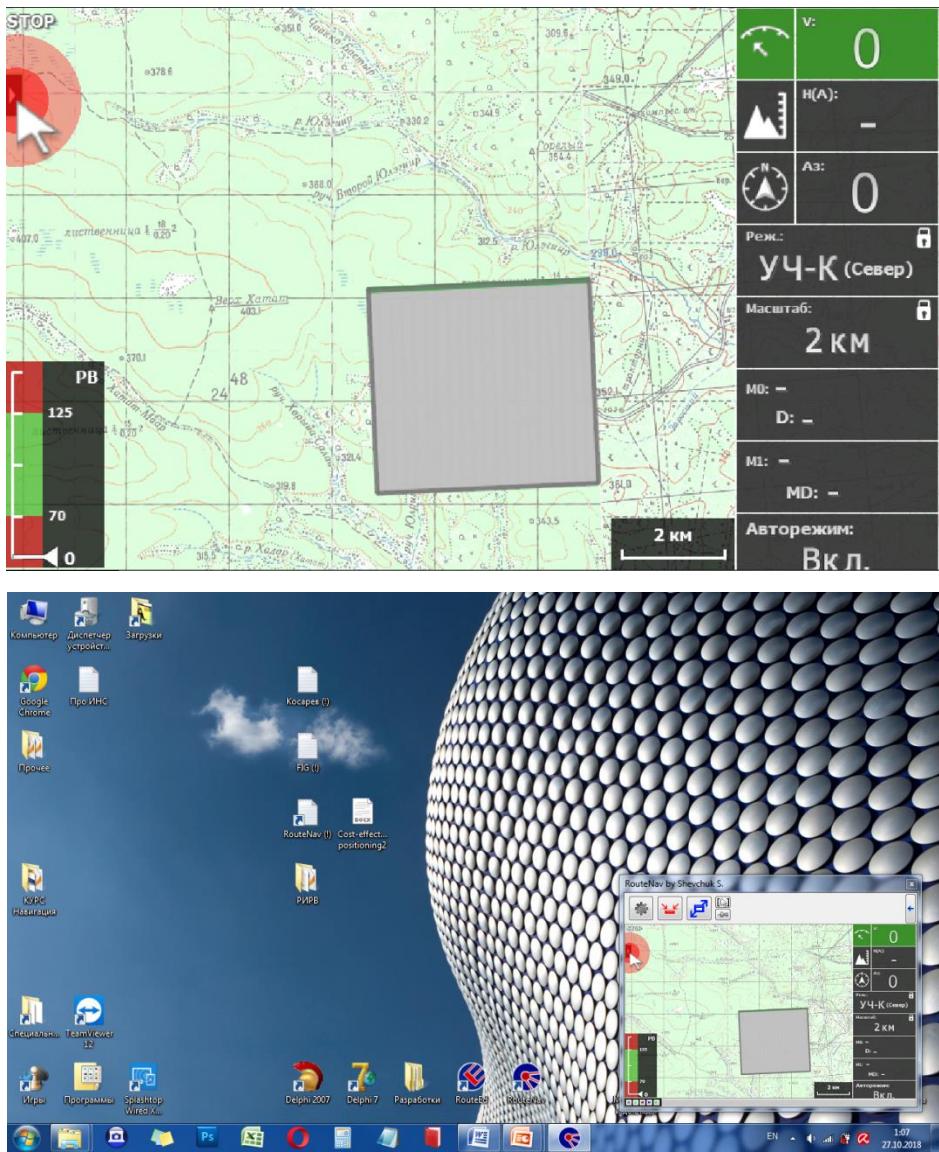


Рисунок 3.54 – Работа в режиме двух экранов: экран пилотов (вверху) и оператора (внизу)

Настройка вывода второго экрана выполняется средствами Windows.

При подключении второго экрана, его можно настроить в меню «Экран» (Windows XP, 7) или «Настройка разрешения» в меню «Персонализация» (Windows 8, 10). Для вызова окна настроек необходимо воспользоваться панелью управления Windows или контекстным меню рабочего стола, вызываемым правой кнопкой мыши.

Меню настройки второго экрана имеет небольшие различия в разных версиях Windows, но в целом, предлагает изменение одних и тех же параметров. Для Windows 7 окно настроек показано на рисунке 3.55.

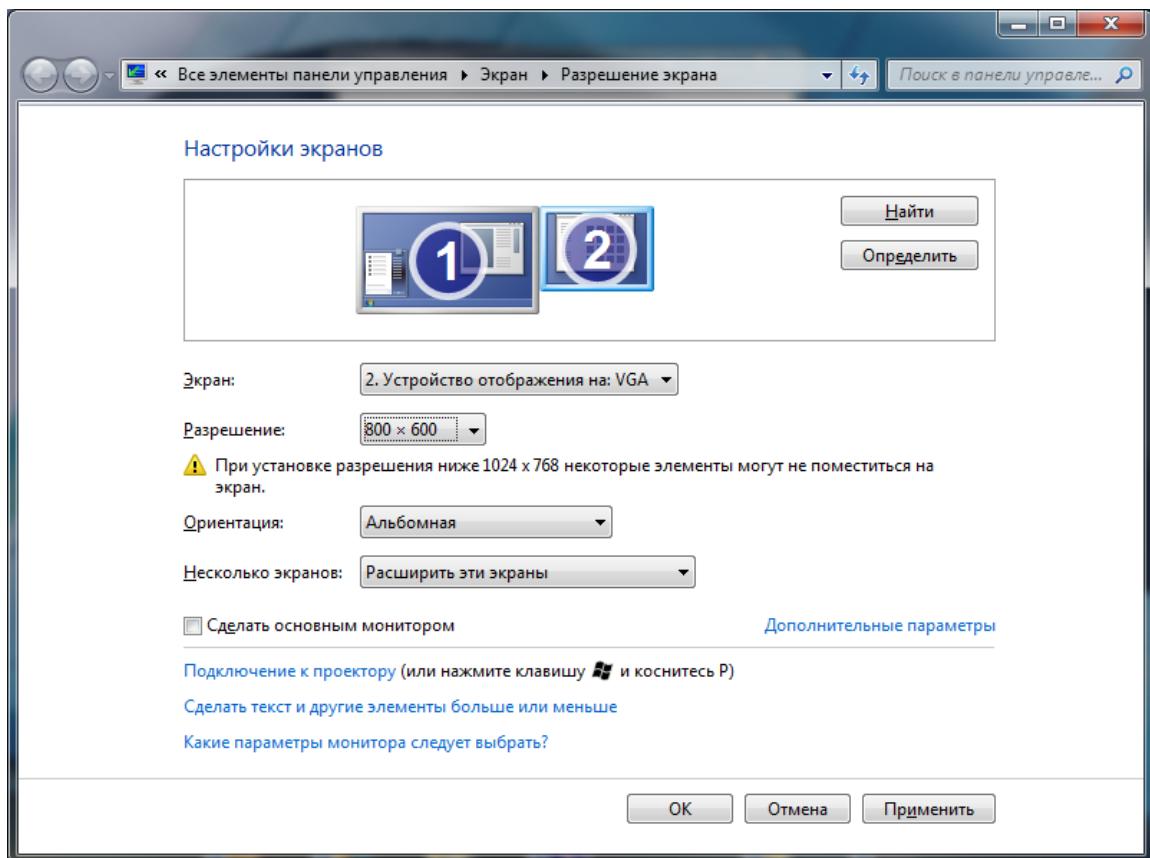


Рисунок 3.55 – Окно настройки второго экрана ОС Windows

Для того чтобы второй экран полностью дублировал первый, в меню «Несколько экранов» необходимо выбрать пункт «Дублировать эти экраны». Для независимого вывода, нужно выбрать пункт «Расширить эти экраны».

В первом режиме не требуется никаких дополнительных настроек в RouteNav. Второй режим настраивается в меню настроек вызовом специального окна кнопкой «Режим второго экрана», рисунок 3.56, слева. Эта кнопка будет активна только в случае, если экран уже подключен и настроен средствами Windows, как второй (расширяющий).

На рисунке 3.56 справа показано окно настроек второго экрана. Для увеличения производительности программы, имеется возможность вывода окна оператора с заданной частотой (периоды 10, 20, 50 и 100 мс соответствуют 100, 50, 20 и 10 кадрам в секунду соответственно).

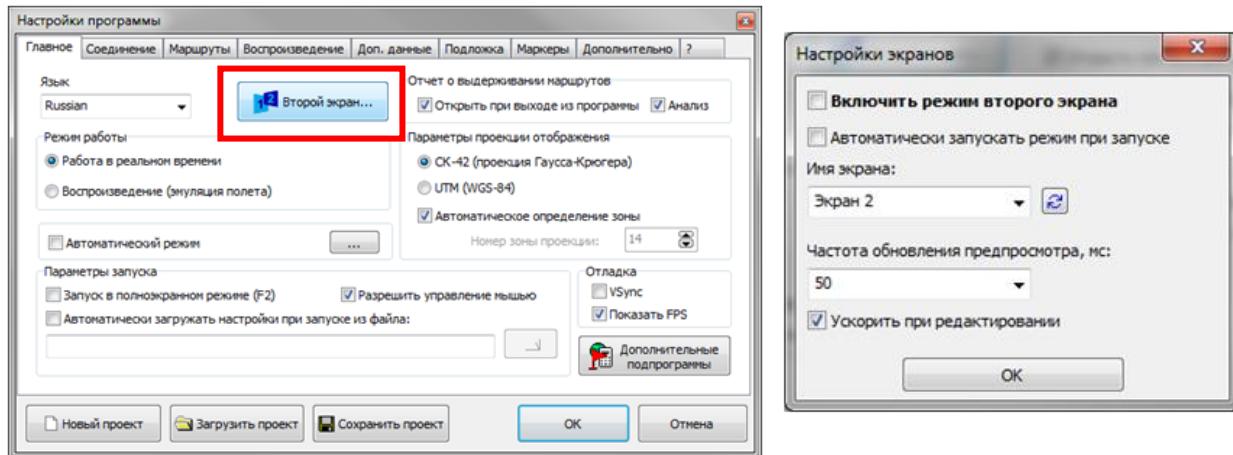


Рисунок 3.56 – Окно настроек с выделенной кнопкой «Второй экран» (слева) и окно настройки экранов (справа)

Техническая реализация данной схемы возможна с помощью специальных экранов (чаще всего, автомобильных), связь с которыми возможна посредством HDMI-кабеля. На рисунке 3.57 показано использование для этих целей портативного монитора Lilliput FA1013.

Второй способ технической реализации второго монитора – использование планшетных компьютеров. Связь при этом реализуется по кабелю USB-miniUSB. Программный интерфейс связи должен быть представлен специализированной программой (на планшетном ПК должен быть установлен клиент программы, а на ПК оператора – серверная часть).



Рисунок 3.57 – Навигационный комплекс с выносным экраном: ПК оператора на борту вертолета (слева) и в кабине пилотов (справа)

На рисунке 3.58 показана реализация второго экрана (планшетный ПК Irbis TZ07 на базе ОС Android) с помощью программы Slashtop WiredXDisplay [104].



Рисунок 3.58 – Вывод окна программы на Android-планшет

Отчет о выдерживании маршрутов.

По завершении работы программы может автоматически выводиться текстовый отчет (опция «Открыть при выходе из программы») или запускаться утилита *FlyEstimate* оценки качества полета (опция «Анализ»), подробно описанная в п. 3.5.

Масштаб окна.

При работе на портативных устройствах и при выводе окна программы на экран пилотов зачастую имеется необходимость изменения масштаба выводимого изображения.

Соответствующая настройка растягивает изображение в соответствии с заданным масштабом относительно оригинального разрешения окна, рисунок 3.59.

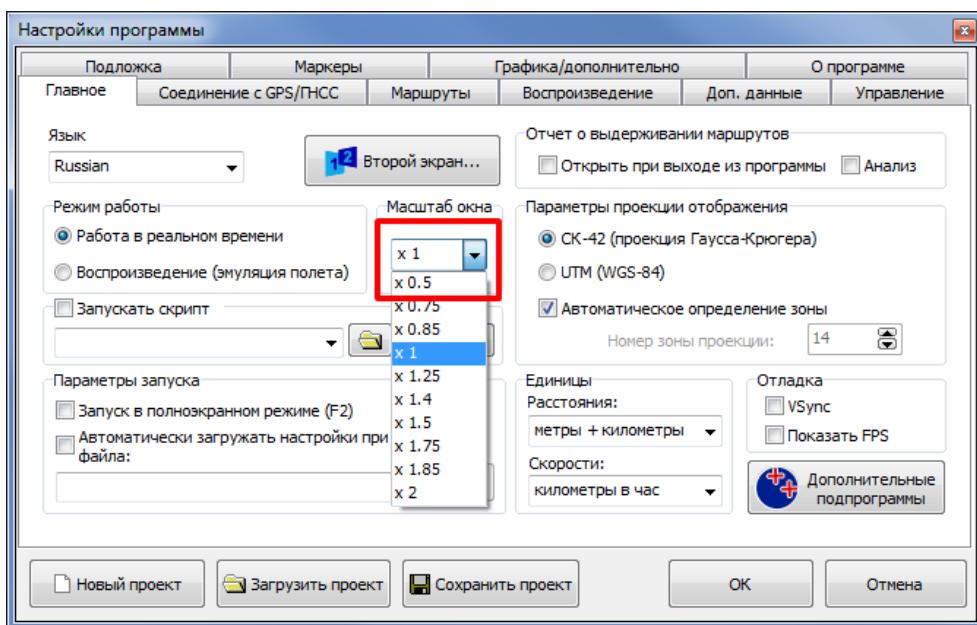


Рисунок 3.59 – Выбор масштаба выводимого изображения

На рисунке 3.60 показано рабочее окно программы при различных настройках масштаба окна.



Рисунок 3.60 – Рабочее окно RouteNav при различных настройках масштаба изображения(сверху вниз: 1, 1.5, 2)

Параметры автозапуска.

При запуске программы RouteNav выполняются команды, щаданные в параметрах запуска – автоматическая загрузка выбранного проекта полета и, при разворачивании окна в полноэкранный режим.

Единицы отображения величин.

В RouteNav поддерживается отображение метрической информации в европейской (километры и метры) и американской (мили, футы или ярды)

системах. Также настраивается вывод скорости (км/ч, мили/ч, узлы, м/с, футы/с).

Все внутренние вычисления выполняются в европейской метрической системе.

Сглаженный вывод азимута и движения.

В RouteNav, начиная с версии 2.02 появилась возможность сглаженного вывода движения и изменения азимутов, рисунок 3.61

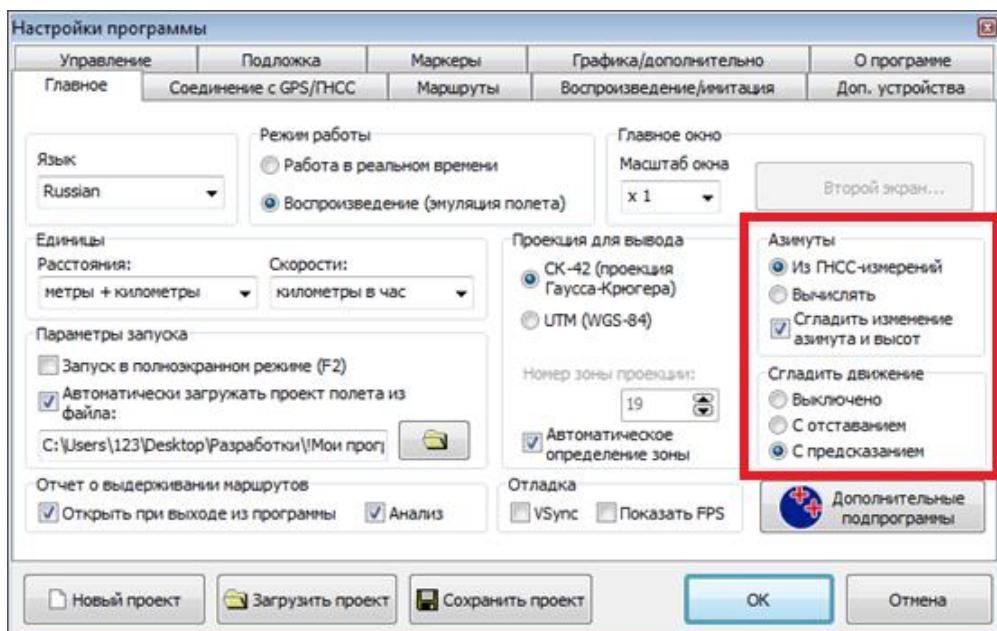


Рисунок 3.61 – Параметры сглаженного вывода

Сглаженный вывод призван повысить качество визуального восприятия навигационной информации с учетом того, что частота получаемых регистраций данных с ГНСС-приемника невысока (как правило, от 1 до 10 Гц).

При этом азимут сглаживается всегда постфактум, в то время как местоположение можно выводить как с отставанием (на одно измерение), так и с предсказанием – для повышения оперативности и актуальности выводимой информации.

Сглаживание движения с отставанием основано постепенном приближении выводимых координат к координатам последней полученной точки. Так как интервал получения координат постоянен, то сглаживание может выполняться простой интерполяцией от предыдущей известной точки к последней измеренной. К моменту достижения последней измеренной точки будет получено новое измерение и всё повторится заново.

Преимущество данного метода сглаживания – точность и плавность вывода, однако недостаток – неактуальность выводимой информации (запаздывание на 1–2 интервала вывода данных ГНСС-приемником). При работе ГНСС-приемника с частотой вывода протокола NMEA 1 Гц, запаздывание будет достигать 1–2 секунд, что при движении со скоростью порядка 100 км/ч будет критично для пилота. Рекомендуется использовать данный метод при частоте приема данных от ГНСС не ниже 5 Гц.

Вместе с тем существует алгоритм сглаженного вывода с предсказанием местоположения, при котором интерполяция выполняется от последней известной точки к предсказанной новой.

Недостаток метода сглаживания с предсказанием является возможное наличие погрешностей в предсказаниях координат следующей точки из-за резких изменений скорости и угла.

При выполнении летных работ, скорости и азимуты, как правило, меняются плавно (не более 10%-20% за 1 с), поэтому при использовании ГНСС-приемника с низкой частотой вывода измерений (например, 1 Гц и реже) рекомендуется применять сглаживание с предсказанием.

Выполнение наземных измерений, в которых возможны резкие смены курса и скорости рекомендуется выполнять без сглаживания или со сглаживанием с запаздыванием (при низких скоростях – менее 10 км/ч).

Кроме того, при получении координат с ГНСС-приемника с темпом 5–10 Гц и чаще, целесообразно использовать сглаживание с запаздыванием.

Параметры категории «отладка».

К выводу графики можно отнести параметры категории «отладка»:

- VSync (вертикальная синхронизация) – настройка позволяющая избежать «артефактов» неравномерного вывода графики на экран. Рекомендуется при хорошей производительности программы, так как потребляет ресурсы видеокарты;
- показ FPS (количество кадров в секунду) – параметр для отслеживания производительности программы.

3.2.2.4 Доступ к утилитам, входящим в поставку RouteNav

В состав RouteNav входит несколько программ помимо основной навигационной программы (см. п. 2.1). Доступ к дополнительным программам (утилитам) возможен из различных меню основной программы, однако наиболее удобным является запуск из менеджера программ, рисунок 3.61.

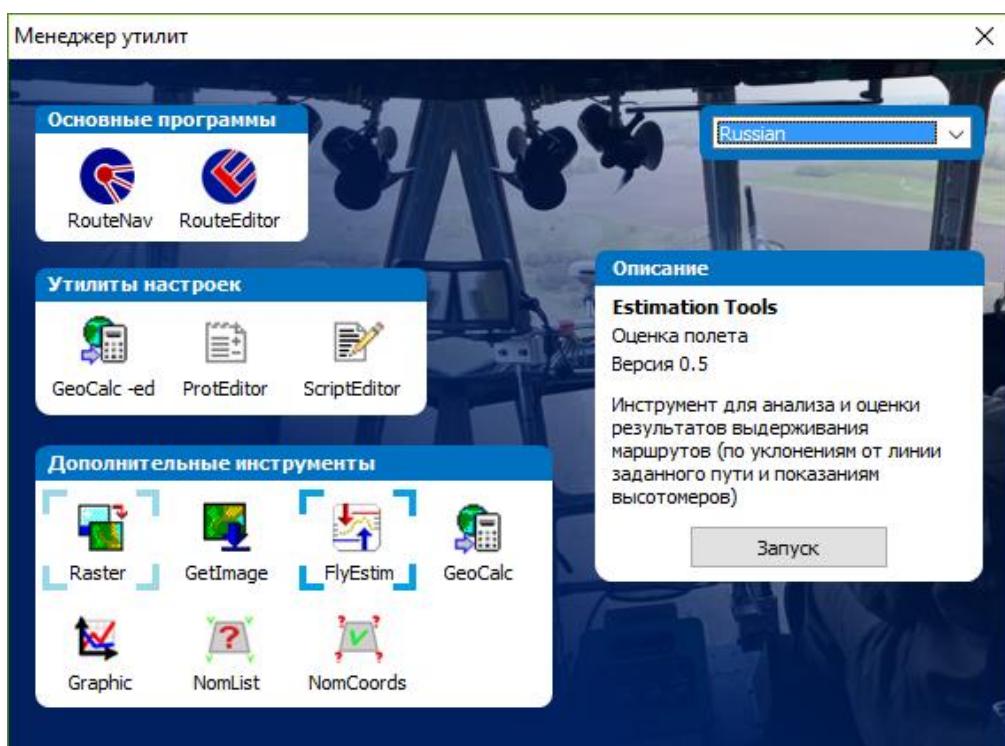


Рисунок 3.61 – Менеджер утилит

В левой половине окна менеджера представлен список программ, в правой – описание выбранной программы. Запуск выбранной утилиты выполняется нажатием одноименной кнопки.

Сам менеджер доступен отдельным исполняемым файлом в папке с программой или может быть запущен из главного меню и окна настроек RouteNav, рисунок 3.62.

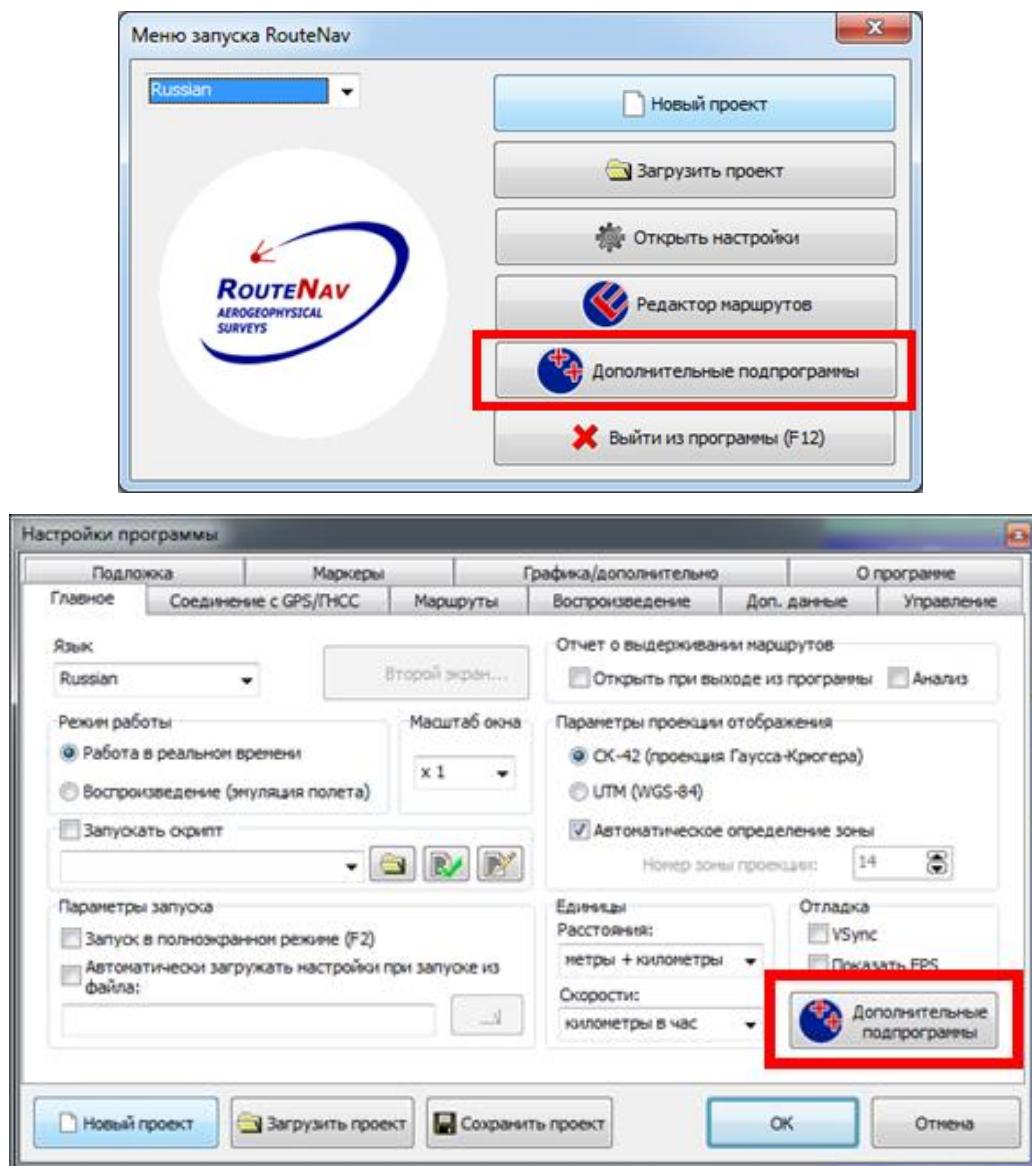


Рисунок 3.62 – Запуск менеджера утилит из программы RouteNav: из главного меню (вверху) и из окна настроек (внизу)

3.2.2.5 Перенос проекта полета с компьютера на компьютер

Файл проекта в формате *.cfg может быть перенесен с одного компьютера на другой, что позволяет выполнять проектирование полета и собственно полет на разных машинах.

При переносе, необходимо убедиться, что вместе с проектом переносятся и все файлы, задействованные в нем (файлы маршрутов, растровые подложки, файлы маркеров, файлы скриптов и пр.)

При загрузке проекта программа RouteNav выполняет проверку наличия файлов проекта, и, в случае отсутствия одного или нескольких файлов, предлагает указать новое местоположение, рисунок 3.63.

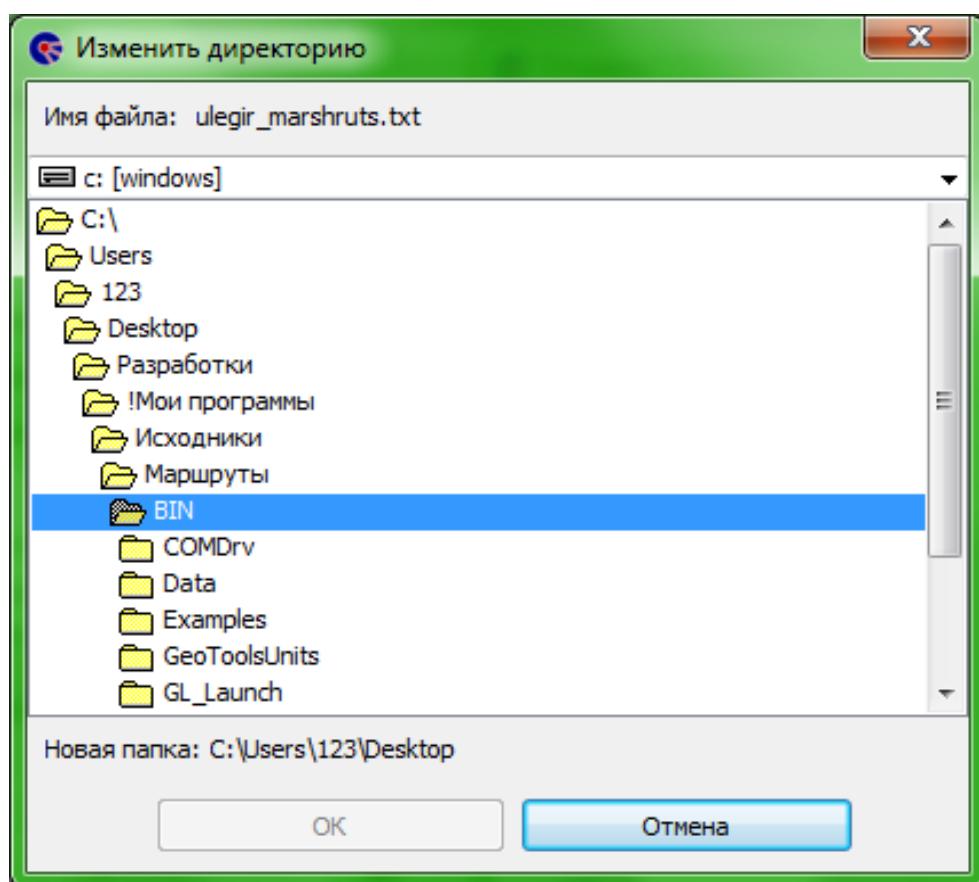


Рисунок 3.63 – Указание изменившегося расположения файла, содержащегося в проекте

Перед полетом необходимо убедиться в работоспособности созданного проекта, выполнив его предварительный запуск.

3.2.3 Подготовка маршрутов в RouteEditor

3.2.3.1 Назначение RouteEditor. Описание интерфейса

Назначение программы.

Редактор маршрутов (*RouteEditor*) – вторая по значимости программа, входящая в состав RouteNav помимо основной навигационной программы. Данная утилита позволяет выполнять следующие операции:

- загрузка и отображение маршрутов, маркеров, растровых подложек;
- автоматическая разбивка границ участка работ на маршруты;
- редактирование маршрутов и границ участка работ (перемещение, добавление, удаление узловых точек, добавление и удаление маршрутов);
- имитация полета по маршрутам (имеются ограничения) с сохранением в виде имитированного NMEA-протокола в формат *.gps;
- сохранение маршрутов в формат *.rts или в настраиваемый текстовый формат;
- загрузка растровых подложек с картографических сервисов Yandex Maps/Google Maps с сохранением во внутренний формат *.asdb;
- создание, редактирование и сохранение маркеров в текстовый формат и внутренний формат *.mark, создание на их основе маршрутов и границ участка работ;
- загрузка и анализ сохраненных траекторий (выполнение их отнесения к маршрутам, построение маршрутов по траектории, взвешенное осреднение остановок, редукции измеренных точек и т.п.).

Большая часть подготовительного этапа технологии навигационно-геодезического обеспечения геофизических работ выполняется с помощью

данной утилиты. Она же может применяться при камеральной обработке результатов съемки.

Интерфейс рабочего окна.

Описание рабочего окна программы приведено на рисунке 3.64. Окно программы состоит из панели инструментов, разбитой на категории, рабочей области окна и панели состояния, включающей в себя поля вывода текущих координат курсора (с возможностью выбора рабочей системы координат) и набора дополнительных инструментов.

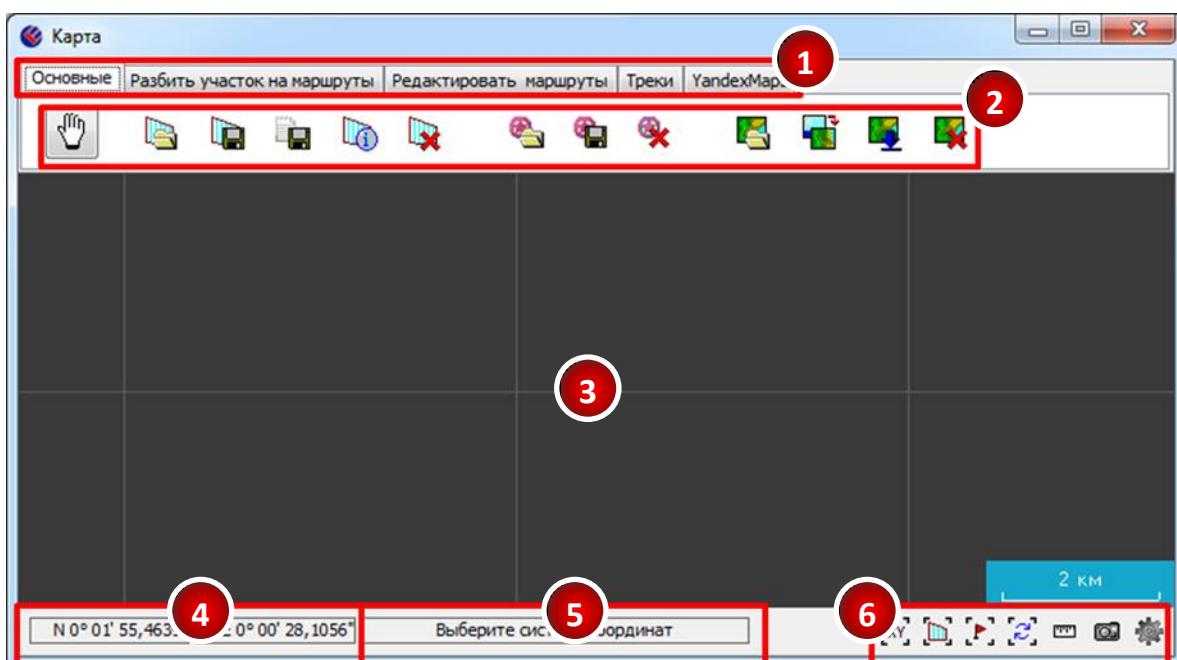


Рисунок 3.64 – Интерфейс RouteEditor: выбор категорий (1); главная панель инструментов (2); карта-схема/рабочая область (3); координаты курсора в выбранной системе координат (4); выбор системы координат (5); панель навигации/дополнительных инструментов (6)

Категории, доступные в программе соответствуют решаемым задачам. Каждой категории соответствует свой набор инструментов, отображаемых на главной панели инструментов в верхней части окна.

Выделены следующие категории задач:

- основные задачи (загрузка файлов исходных данных);
- разбиение участка на маршруты;
- работа с маркерами (начиная с версии 2.0);
- редактирование маршрутов;
- имитация полета – создание имитированной траектории (доступно только при определенных параметрах запуска программы);
- работа с треками (траекториями);
- работа с подложками сервисов YandexMaps и GoogleMaps.

Дополнительные инструменты, находящиеся на панели навигации в нижней части рабочего окна, зависят от выполняемого действия (часть из них доступна постоянно, часть активна только в определенных режимах).

Панель навигации.

Описание кнопок на панели навигации показано на рисунке 3.65.

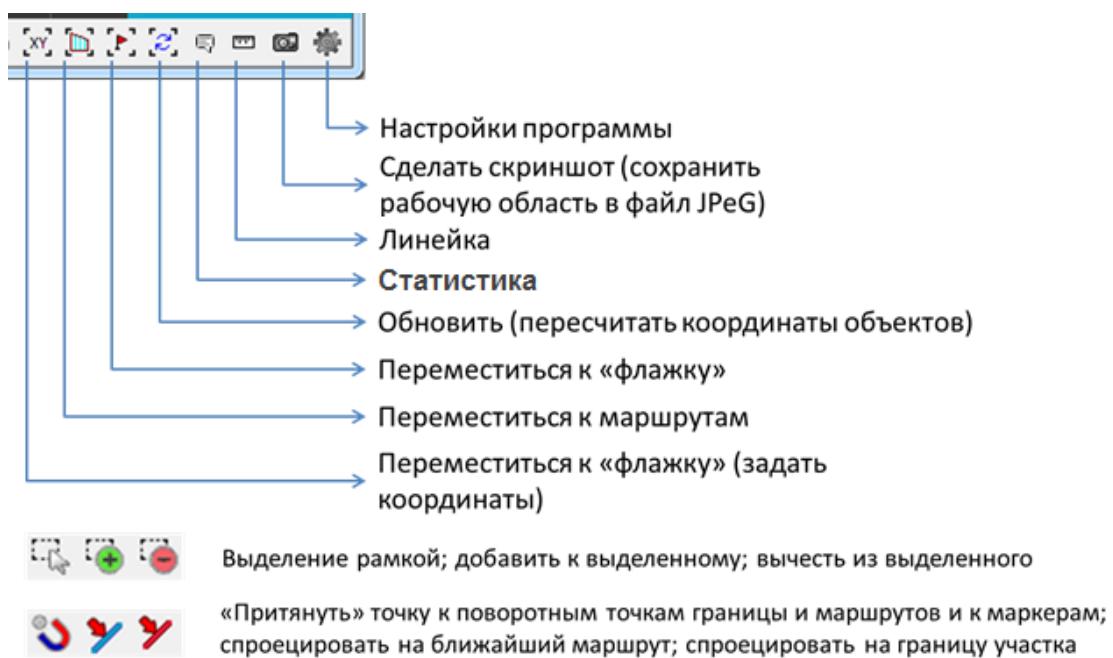


Рисунок 3.65 – Описание дополнительных инструментов на панели навигации

На карте-схеме обязательно имеется маркер «флажок»  , который служит для быстрого перехода к указанному месту карты.

Части кнопок соответствуют «горячие» клавиши (в частности – кнопкам выделения  и притяжения ).

Базовые кнопки выполняют следующие функции:

- быстрое перемещение экрана к заданной координате (). При этом «флажок» базы переносится в заданную точку;
- перемещение экрана к маршрутам с установкой оптимального масштаба ();
- перемещение экрана к «флажку» базы ();
- быстрый пересчет координат объектов в случае возникновения проблем с отображением ();
- статистический отчет по редактируемым объектам ();
- инструмент измерения расстояния «Линейка» ();
- быстрый скриншот – сохранение рабочего окна в виде изображение в формате .jpeg ();
- вызов окна настроек (), рисунок 3.66.

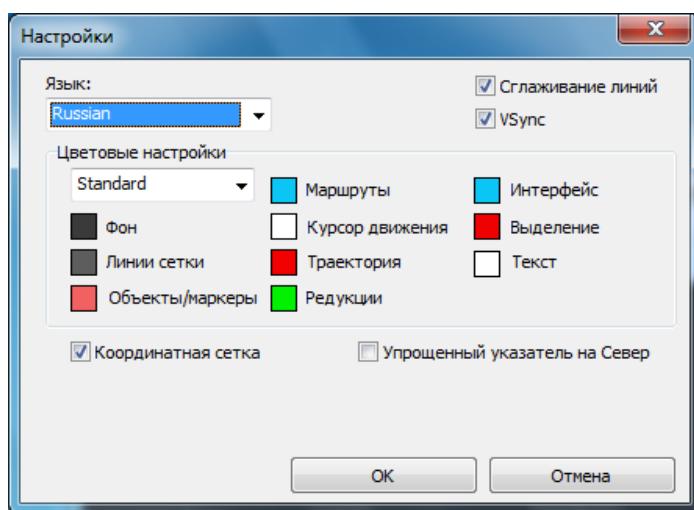


Рисунок 3.66 – Окно настроек Route Editor

В настройках могут быть выбраны цвета отображения элементов карты-схемы, параметры вывода графики и язык интерфейса.

В некоторых режимах на панели навигации добавляются кнопки притяжения и выбора:

- спроектировать добавляемую точку маршрута на редактируемый маршрут () – соответствует зажатой клавише Shift в режиме добавления точек маршрута;
- спроектировать добавляемую точку рамки или маршрута на редактируемый маршрут () – соответствует зажатой клавише Ctrl в режиме добавления точек рамки или Ctrl + Shift – при добавлении точек к маршруту;
- «притянуть» курсор к ближайшей точке маршрутов/рамки/маркеров () – соответствует зажатой клавише Ctrl, работает в режиме создания рамки и маршрута, а также при добавлении точек – позволяет при приближении курсора к существующим точкам, приравнять координаты новой точки к ним;
- кнопки множественного выбора (), позволяющие при зажатом курсоре выбрать объекты рамкой, а также добавить к уже выделенным точкам или вычесть из выбранного. Соответствуют клавишам Shift, Ctrl и Alt соответственно – работают в режиме редактирования маршрутов и точек рамки и маршрутов.

Инструмент Линейка.

Инструмент линейка, доступный в RouteNav (кнопка на панели навигации, а также при создании маршрутов) позволяет выполнять измерения расстояний на карте-схеме, при этом отображается специальная панель, рисунок 3.67.

«Линейка» позволяет измерить расстояния по ломаной линии. На панели линейки выводится суммарное расстояние в плане и на эллипсоиде.

В режиме линейки левая кнопка мыши по карте-схеме добавляет точку к измеряемой линии. Удаление последней точки выполняется клавишей Del или BackSpace либо нажатием кнопки  на панели линейки.

Закрытие инструмента выполняется кнопкой  на панели линейки.

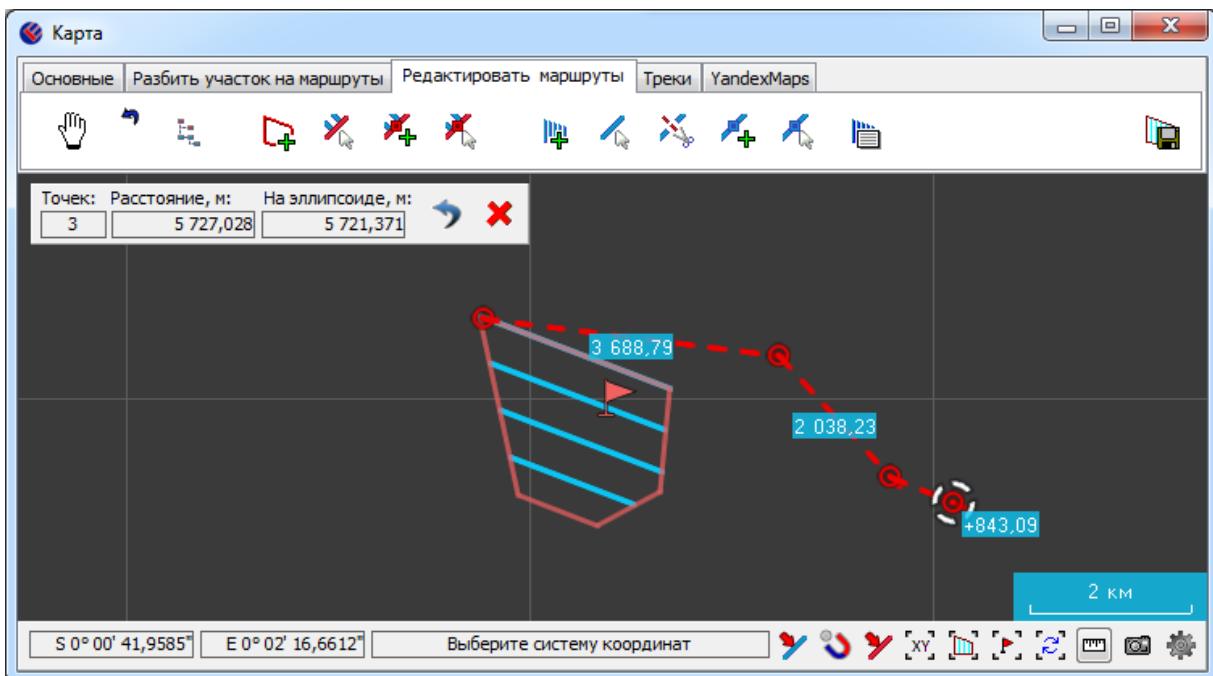


Рисунок 3.67 – Инструмент «Линейка»

Начиная с версии 1.99 инструмент «линейка» был дополнен возможностью контролировать и отображать дирекционный угол, истинный азимут и длину текущего сегмента, рисунок 3.68.

Для отображения расширенного вида линейки, необходимо нажать кнопку  на панели данного инструмента. Отображение дополнительных элементов «линейки» на карте-схеме регулируется соответствующими флагками.

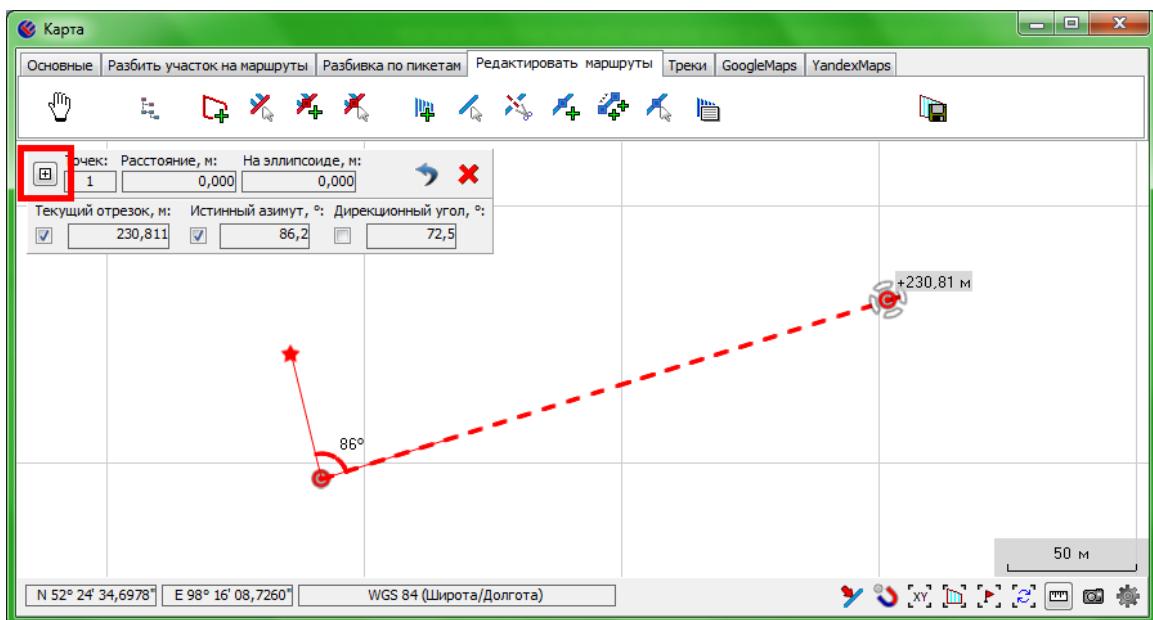


Рисунок 3.68 – Дополнительные возможности инструмента «Линейка»

Ориентация карты-схемы.

Также в *RouteEditor* имеется возможность поворота карты-схемы (клавиша *Ctrl* + колесо мыши). При этом в правом верхнем углу рабочего окна появится указатель на север, рисунок 3.69.



Рисунок 3.69 – Указатель северного направления карты-схемы:

стандартный вид (слева) и упрощенный (справа)

Клик по указателю приведет к автоматическому выравниванию карты-схемы на север.

3.2.3.2 Главное меню (категория «Основные»)

К главным параметрам подпрограммы Route Editor относятся глобальные настройки – загруженные маршруты, маркеры и растровые подложки. Режим соответствует вкладке «Основные» панели главного меню окна подпрограммы, рисунок 3.70.

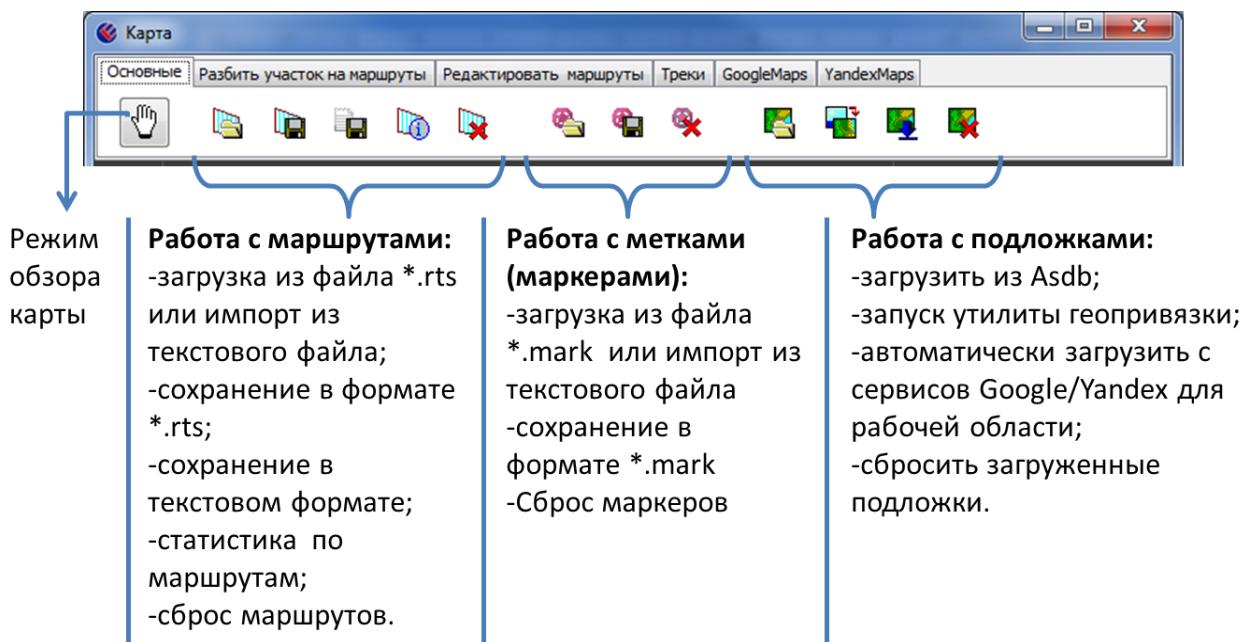


Рисунок 3.70 – Кнопки панели главного меню в категории главных параметров

Активная кнопка означает, что рабочее окно находится в режиме обзора карты. Остальные кнопки соответствуют командам открытия/сохранения и сброса маршрутов, маркеров и подложек. Функции каждой кнопки подсвечиваются при наведении на нее.

Кнопки с иконками открывают маршруты, маркеры и подложки соответственно. Нажатие правой кнопкой мыши вызывает меню, позволяющее выбрать, загрузить маршруты заново или добавить их к существующим. Для маршрутов и маркеров применяются как специальные форматы *.rts и *.mark, так и произвольные текстовые

форматы с координатами в заданной системе координат; подложки поддерживаются только в подготовленном формате *.asdb.

Импорт маршрутов и маркеров из форматов текстовых файлов осуществляется аналогично основной программе (файлы должны иметь табличную структуру с заданными разделителями).

Подготовка asdb-файла может выполняться в утилите импорта и геопривязки растровых карт (кнопка ) или загрузкой из сервисов GoogleMaps/YandexMaps (одноименные вкладки, а также кнопка автоматической загрузки ).

Кнопки  и  сохраняют маршруты в формате *.rts или настраиваемом текстовом.

Кнопки    выполняют сброс текущих маршрутов, маркеров и подложек соответственно.

Кнопка  выдает окно статистики по открытым маршрутам (суммарный и средний километраж, количество маршрутов, площадь участка работ внутри границ и т.п.). В новых версиях кнопка вынесена на панель навигации (справа снизу) в виде иконки  .

Кроме того, если подложки уже загружены, есть бегунок, регулирующий их прозрачность по отношению к фону.

3.2.3.3 Разбиение участка на маршруты

Проектирование геофизической съемки включает в себя создание массива рядовых и вспомогательных маршрутов внутри участка работ.

Рядовые маршруты – самые многочисленные – как правило, являются прямолинейными взаимно параллельными, и находятся друг от друга на заданном постоянном расстоянии (см. п.1.1.4.3). Вспомогательные маршруты располагаются под углом к рядовым: опорные – под прямым углом, секущие – приблизительно 45° [32].

Программа RouteEditor позволяет создавать все указанные виды маршрутов аэрогеофизической съемки, причем рядовые и опорные маршруты могут быть созданы автоматически.

Разбиение участка на маршруты активизируется соответствующей вкладкой панели категорий, рисунок 3.71.

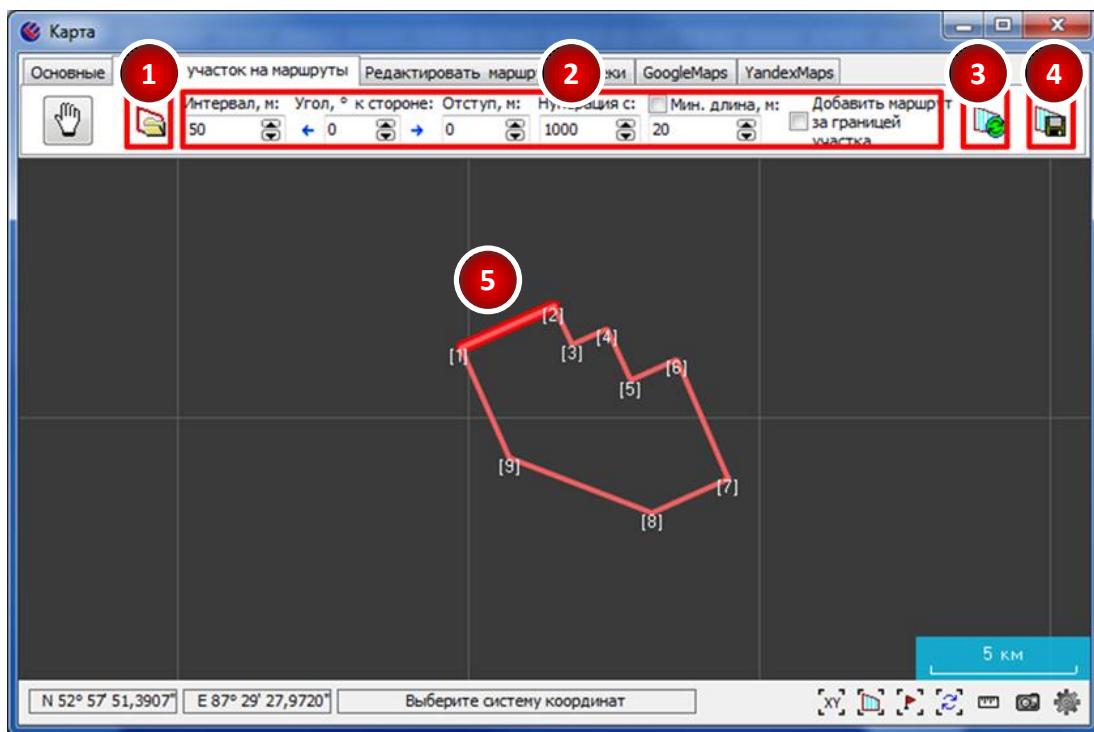


Рисунок 3.71 – Инструменты разбиения участка на маршруты: импорт границ маршрутов (1); параметры разбиения (2); применение параметров (3); сохранение маршрутов (4); «ведущая» сторона разбиения (5)

Данная функция подразумевает наличие координат точек границ маршрутов (могут быть импортированы из текстового формата, либо созданы вручную в категории «Редактировать маршруты»). Кроме того, границы могут быть импортированы из формата *.rts.

В режиме разбиения участка на маршруты, программа строит в границах участка сеть прямолинейных равноудаленных маршрутов по следующим настраиваемым параметрам:

- интервал между маршрутами (задается в соответствующем поле) в метрах;
- угол к выбранной стороне (кнопки со стрелками \leftarrow и \rightarrow позволяют выбрать сторону; выбранная сторона выделяется на карте-схеме жирной красной линией), в угловых градусах;
- отступ первого маршрута от границы в метрах;
- начало нумерации (для геофизической съемки применимы различные номера в зависимости от типа маршрутов);
- добавление/не добавление дополнительного маршрута за границей участка (бывает необходимо при наличии «пробела» у стороны участка, противоположной выбранной).

В версии 2.03 и выше последняя настройка входит в группу «Дополнительно», включающую в себя три флагжка-иконки:

- – добавить маршрут за границами участка;
- – создавать маршруты с фиксированным направлением прохождения;
- – чередовать направления прохождения маршрутов.

Разбиение производится относительно «ведущей» стороны (может быть выбрана кликом ЛКМ на карте-схеме или кнопками со стрелками \leftarrow и \rightarrow ; выделяется жирной красной линией).

Угол может задаваться как по отношению к выбранной стороне, так и к направлению на север (по сетке текущей зоны проекции – то есть по заданному значению дирекционного угла). Для переключения режимов, необходимо нажать левой клавишей мыши по надписи над полем ввода угла, рисунок 3.72.

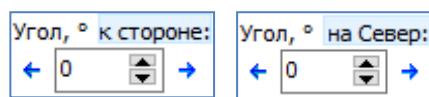


Рисунок 3.72 – Режим отсчета угла

Таким образом, действия с утилитой при разбиении маршрутов сводятся к следующим операциям:

- загрузка границ участка работ (из формата *.rts или произвольного текстового), кнопка 
- ввод настроек;
- выполнение разбивки нажатием кнопки 
- сохранение полученных маршрутов, кнопка  (формат *.rts).

Для сохранения маршрутов в виде текстового каталога в других форматах, например текстовых таблицах с заданной системой координат, необходимо воспользоваться кнопкой  из вкладки «Основные». Помимо настраиваемого текстового формата каталога координат начальных и конечных точек маршрутов (или всех поворотных точек при выборе опции «общее имя») с настраиваемыми разделителями, контекстное меню предложит и другие доступные форматы: формат приемников Garmin (*.gpx), приемников на базе плат Navis NVC (*.lst) и таблицы Surfer (*.Bln).

Пример выполненной разбивки приведен на рисунке 3.73.

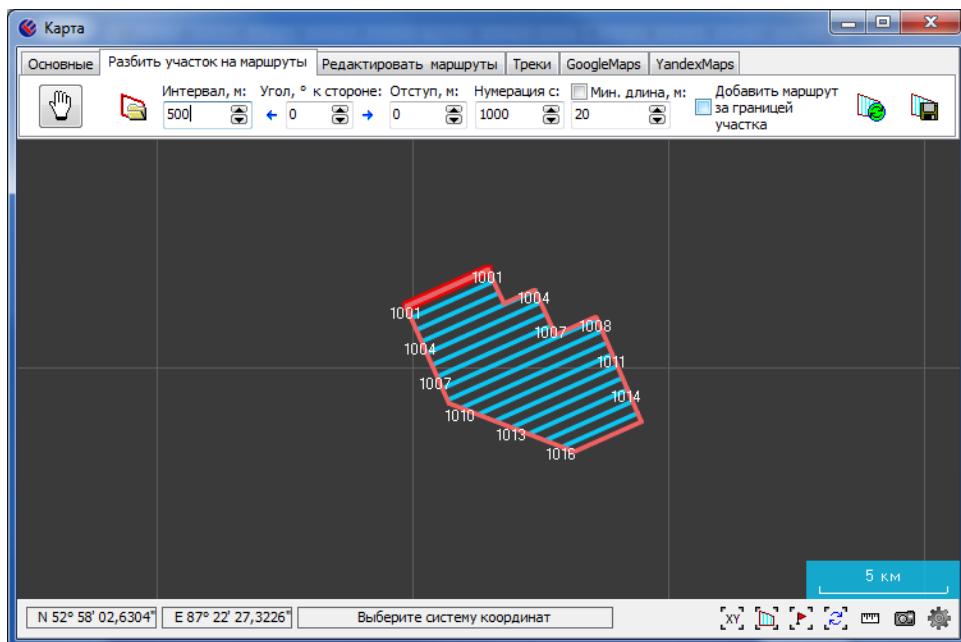


Рисунок 3.73 – Выполненная разбивка на маршруты

3.2.3.4 Редактирование маршрутов

Инструменты для редактирования маршрутов находятся в одноименной категории, рисунок 3.74.

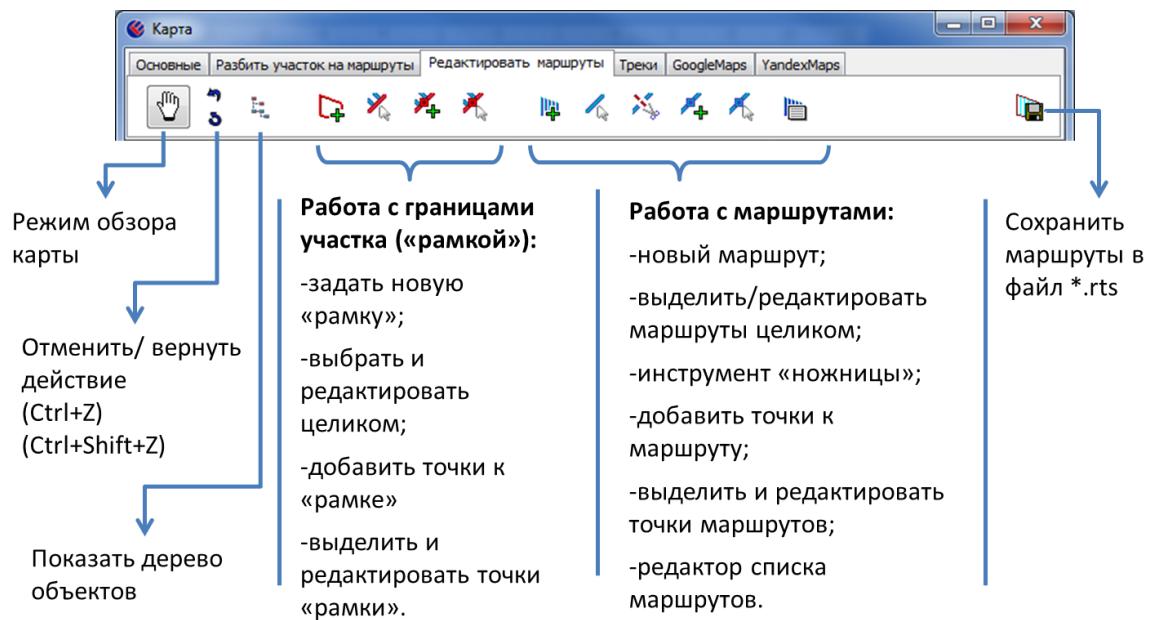


Рисунок 3.74 – Инструменты редактирования маршрутов

Пример редактирования маршрутов приведен на рисунке 3.75.

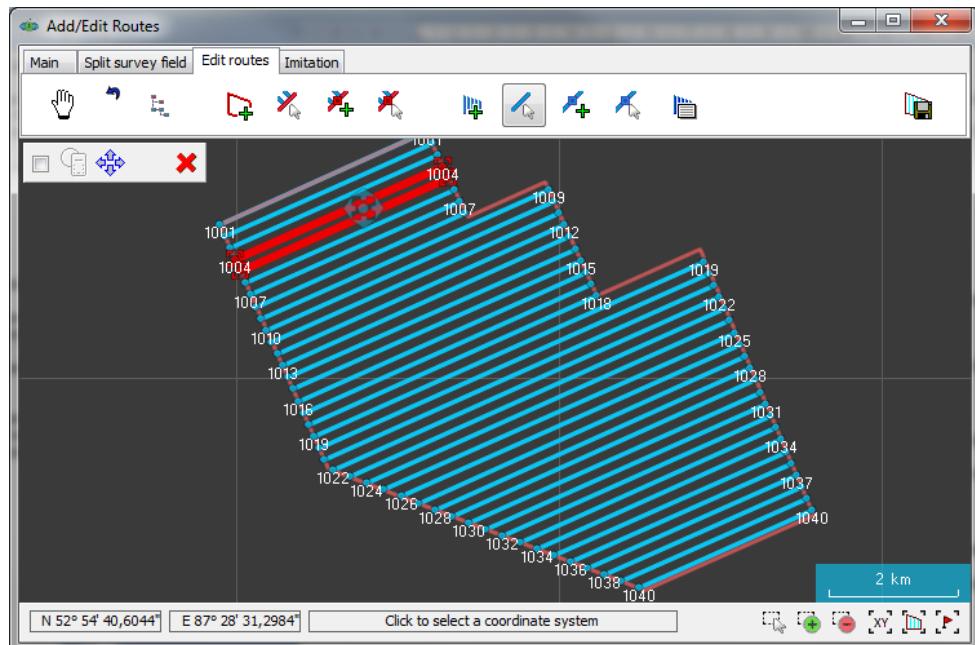


Рисунок 3.75 – Утилита RouteEditor в режиме редактирования маршрутов

Инструменты редактирования.

Кнопки панели меню данного режима можно условно разделить на шесть групп:

- кнопка возврата в режим перемещения карты 
- кнопки отмены и возврата изменений -  и  , позволяющего контролировать количество точек рамки и маршрутов, а также выделять их для редактирования, рисунок 3.76;

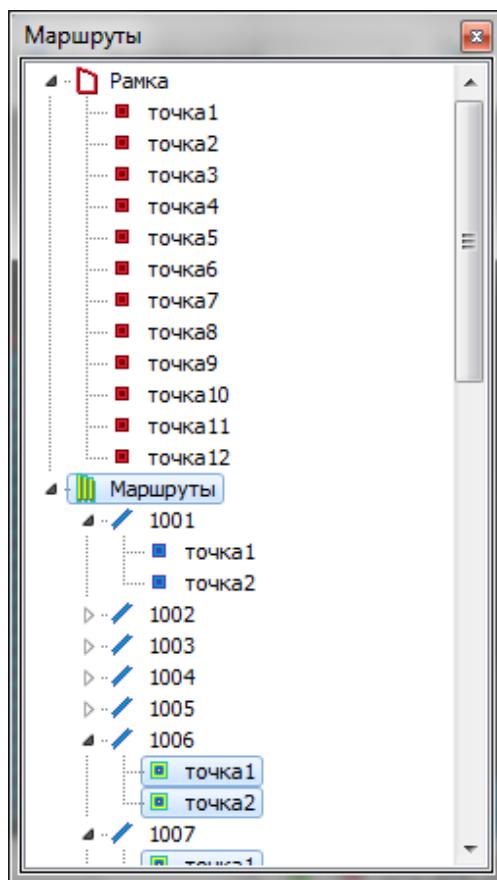


Рисунок 3.76 – Лист объектов карты

- кнопки редактирования границ участка далее - «рамки»    

- создать новую рамку (в этом режиме точки рамки создаются нажатием левой кнопки мыши внутри окна карты);
- редактирование рамки (выбор, перемещение рамки полностью);
- добавление точек к рамке;
- редактирование точек рамки (по отдельности или по несколько штук).
- кнопки редактирования маршрутов (    ):
- добавить новый маршрут (в этом режиме точки нового маршрута создаются нажатием левой кнопки мыши внутри окна карты);
- редактирование маршрутов (выбор и перемещение одного или нескольких маршрутов полностью);
- добавление точек к маршрутам (как промежуточных, так и в начало/конец маршрута);
- редактирование точек маршрутов (по отдельности или по несколько штук);
- вызов окна редактирования порядка маршрутов;
- кнопка сохранения маршрутов в формате *.rts ().

Редактирование границ участка («рамки»).

При создании маршрутов «с нуля», целесообразно начинать с создания границ участка работ (в терминологии программы – рамки /frame/). Режим создания рамки вызывается кнопкой  , рисунок 3.77.

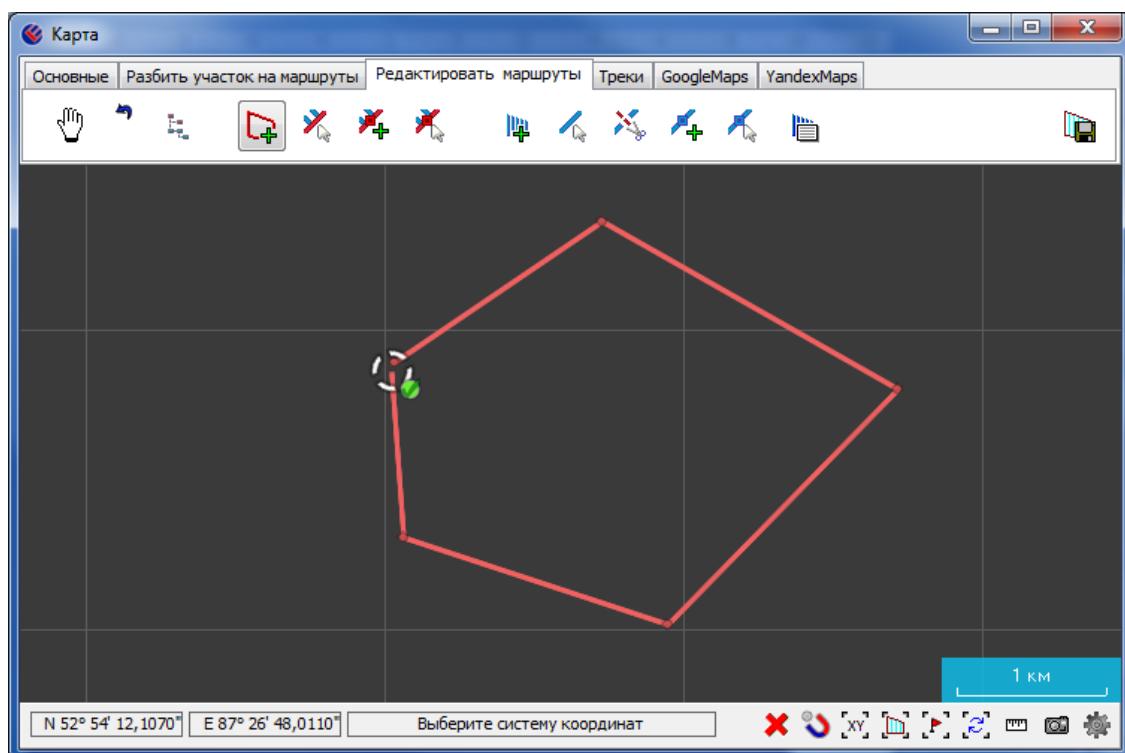


Рисунок 3.77 – Создание границ участка

Для удобства, при создании рамки курсор принимает вид подсказки, показанный на рисунке 3.78.



Рисунок 3.78 – Курсор мыши в режиме создания рамки

Добавление точки отображается подобным курсором и в других режимах (создание маршрутов, добавление точек к маршрутам и рамке). Для создания новой точки на месте курсора мыши необходимо нажать левую кнопку мыши. Кроме того, если нажать правую кнопку мыши, можно точно задать координаты добавляемой точки, рисунок 3.79.

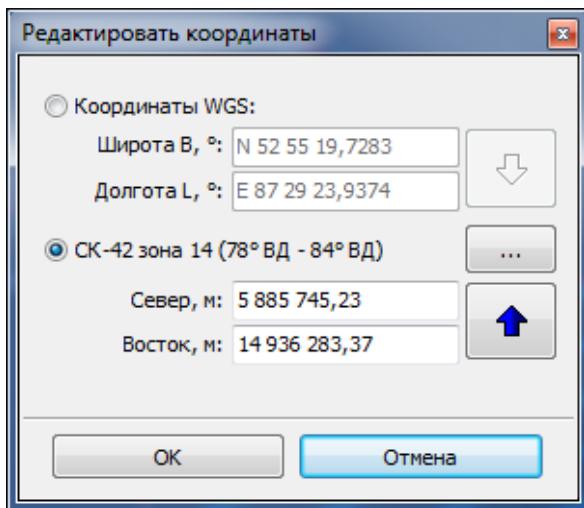


Рисунок 3.79 – Ввод координат создаваемой точки

Удаление ошибочно поставленной точки осуществляется клавишей Del или Backspace.

Если маршруты уже заданы, при создании рамки можно использовать «притягивание» создаваемых точек к существующим (точкам маршрутов и маркерам) – кнопка панели навигации или клавиша Shift.

Добавление точек к границам осуществляется в соответствующем режиме, вызываемом кнопкой , рисунок 3.80.

В этом режиме также действуют возможности «притягивания». Можно спроектировать новую точку на существующие границы участка (Ctrl или кнопка). Добавляемые точки автоматически относятся к ближайшему отрезку рамки.

Также имеется два режима редактирования границ – редактирование рамки целиком или по отдельным точкам .

В этом режиме ЛКМ служит для выделения точек границ, которые могут быть отредактированы, рисунок 3.81.

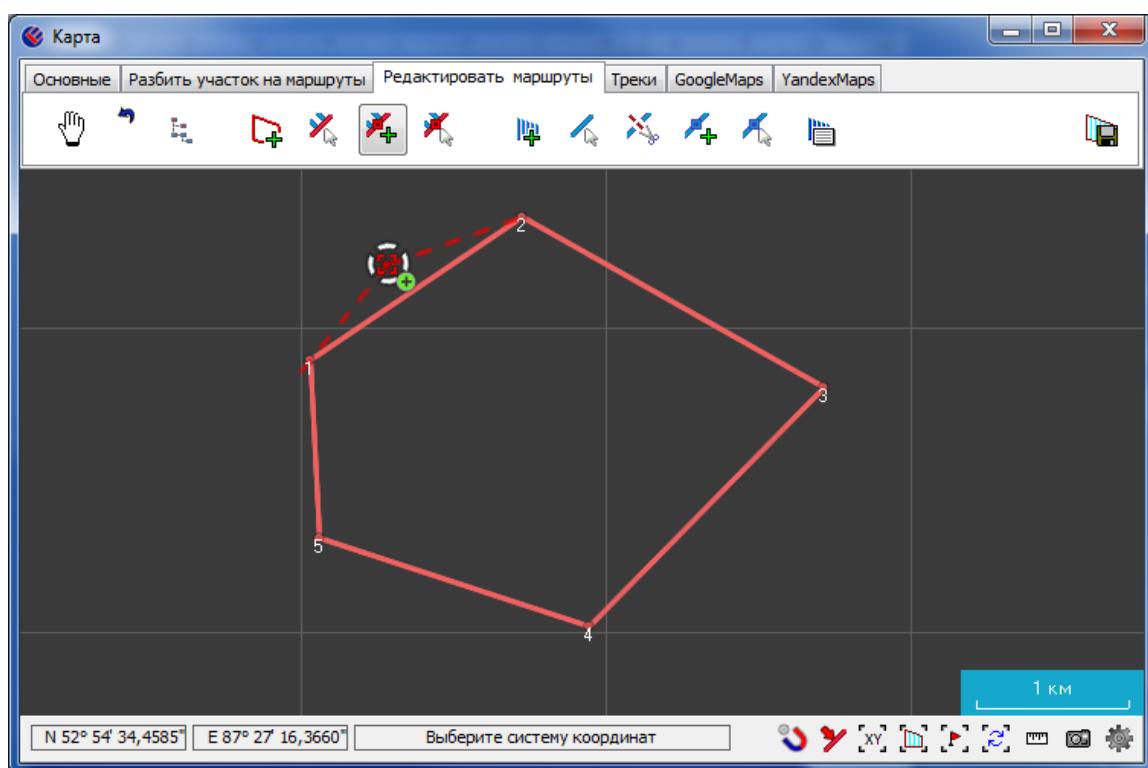


Рисунок 3.80 – Добавление точек к границам участка

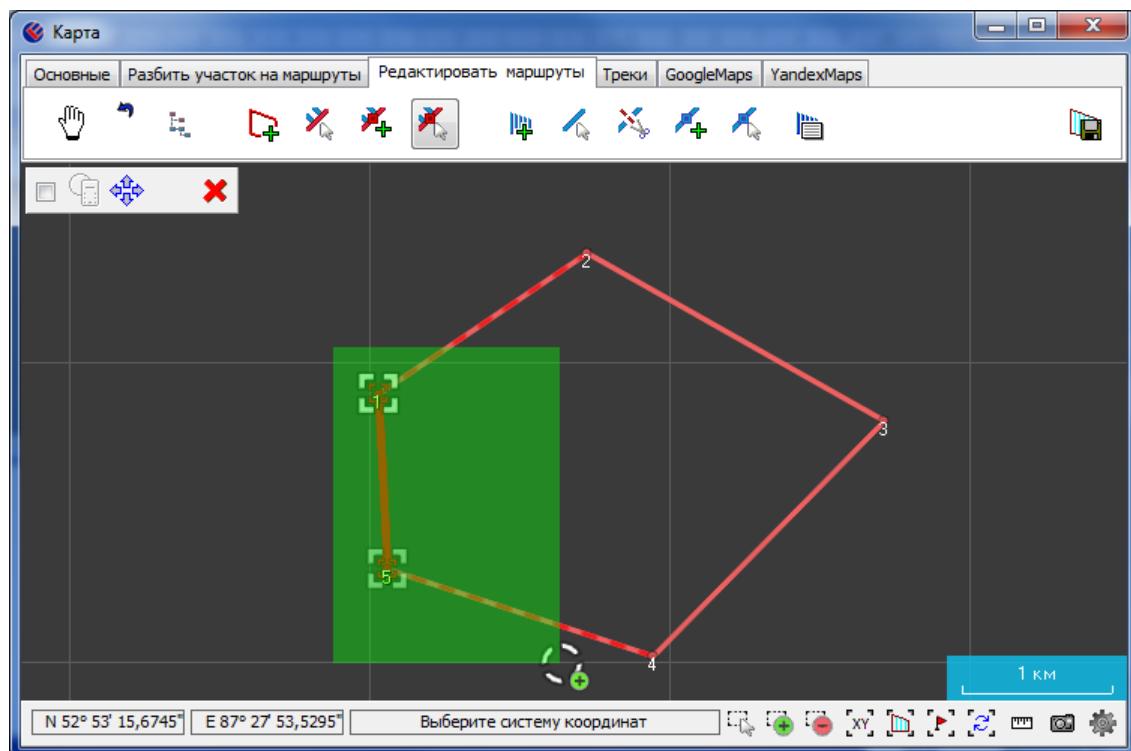


Рисунок 3.81 – Множественный выбор точек рамки в режиме
редактирования границ участка

Использование зажатых клавиши Shift (или активированной кнопки с зажатой ЛКМ) позволяет выполнять множественный выбор точек, а также их добавление (Ctrl или) , и исключение (Alt или) из выборки. Курсор мыши при этом подскажет выбранное действие, рисунок 3.82.

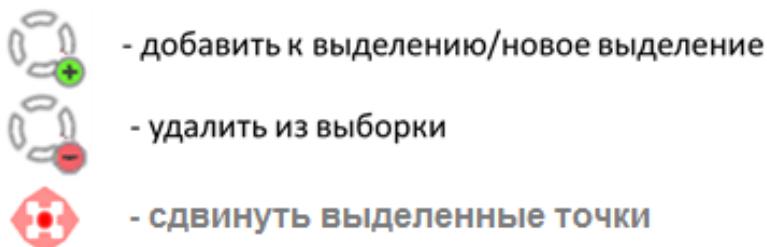


Рисунок 3.82 – Курсор мыши при множественном выделении

Выделенные точки могут быть отредактированы – сдвинуты курсором, смещены на заданные расстояния, удалены.

Сдвиг выделенных точек (или всей «рамки») курсором осуществляется повторным нажатием ЛКМ по выделенным объектам и сдвигу мыши с зажатой ЛКМ. Курсор мыши при этом примет вид .

Такой же вид курсора будет и при сдвиге других выбранных объектов (точек маршрутов, «ножниц» и пр.).

При выборе объектов выводится окно (панель) с кнопками редактирования выбранных точек, рисунок 3.83.



Рисунок 3.83 – Окно редактирования выделенных объектов для границ участка (слева) и для точек маршрутов (справа)

Окно редактирования выбранных точек может быть превращено в панель (в зависимости от наличия флажка в левой части). Кнопки позволяют выполнять следующие действия:

-  задать координаты выделенной точки (если таковая одна);
-  сместить выделенные точки на относительно сторон света (в проекции карты);
-  переименовать маршрут – только для маршрутов, если выбранные точки принадлежат единому маршруту;
-  удалить выбранные точки (так же, клавишей Del).

При выделении одной точки, для нее может быть задана точная координата (кнопка ), см. рисунок 3.79.

Для одной или нескольких точек (в том числе, для участка целиком) может быть произведен точный сдвиг по направлениям на стороны света, кнопка  . При этом открывается окно, показанное на рисунке 3.84.

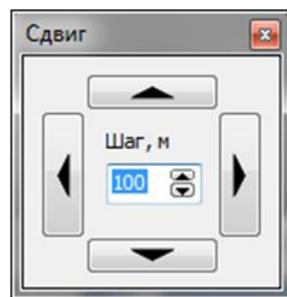


Рисунок 3.84 – Сдвиг выбранных точек по сторонам света

Далее полученные границы участка могут быть автоматически разбиты на маршруты (категория «Разбить участки на маршруты»). Маршруты также могут быть созданы или отредактированы вручную.

Редактирование маршрутов.

Редактирование маршрутов выполняется аналогичным образом кнопками      . При этом, в отличие от «рамки», маршруты не замыкаются.

Создание нового маршрута кнопкой  начинается с присвоения ему имени, рисунок 3.85.

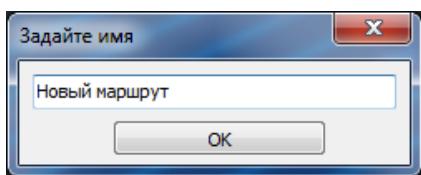


Рисунок 3.85 – Редактирование имени маршрута

Создание маршрута также выполняется по точечно. При добавлении точек также действуют все возможности «притягивания» создаваемых точек (клавиши Shift, Ctrl, сочетание Shift+Ctrl или соответствующие кнопки на панели навигации   ). Удаление ошибочно поставленной точки осуществляется клавишей Del или Backspace, завершение создания маршрутов – Enter или повторное нажатие по последней точке (курсор примет вид ).

Добавление точек к существующим маршрутам выполняется кнопкой  . Как и в случае с границами, добавляемые точки автоматически относятся к ближайшему отрезку маршрута или добавляются к началу/концу, рисунок 3.86.

Редактирование выбранных маршрутов может осуществляться полностью  и по отдельным точкам  .

Все операции с выделением и редактированием точек маршрутов выполняются аналогично редактированию рамки.

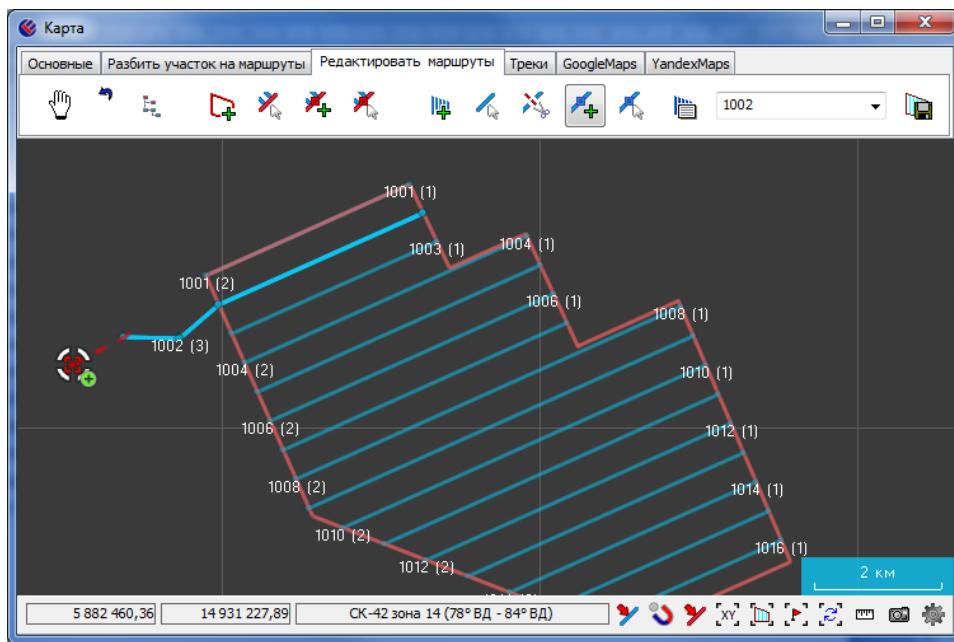


Рисунок 3.86 – Добавление точки к маршруту

Для маршрутов могут быть изменены не только имена, но и порядок по списку. Данные операции, а также многие другие, выполняются в окне списка, рисунок 3.87. Окно вызывается нажатием кнопки .

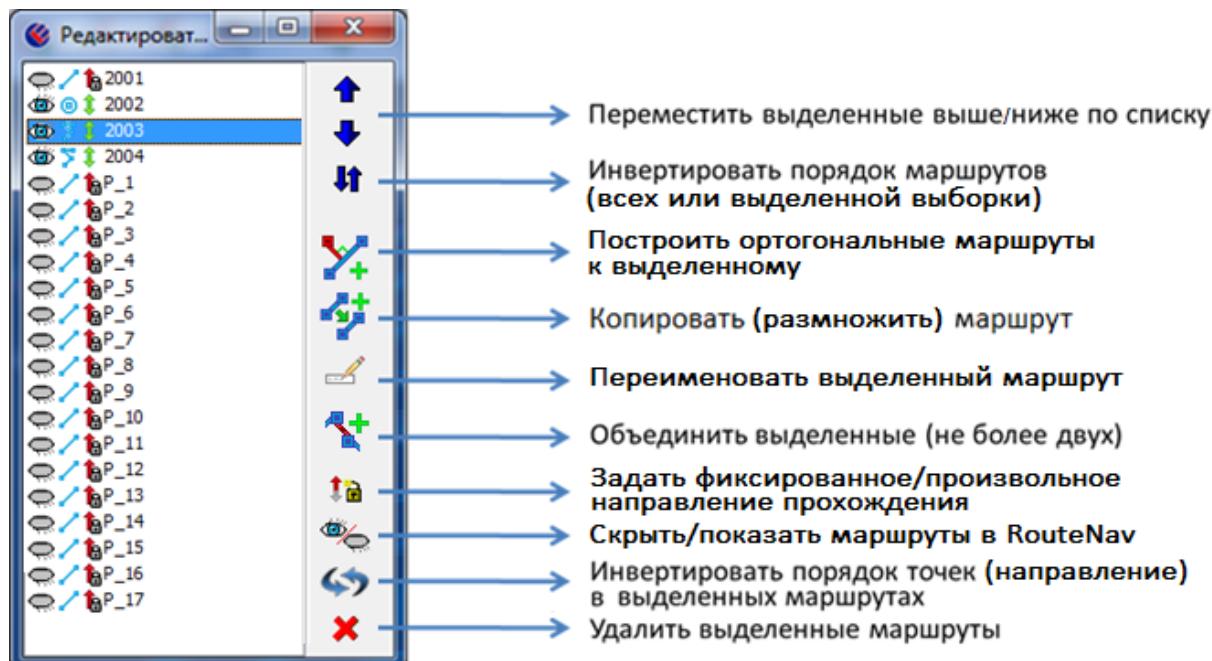


Рисунок 3.87 – Окно управления списком маршрутов

Список поддерживает множественное выделение, а большинство функций поддерживается для выборки. Исключения – функция «объединить маршруты» (должно быть выбрано два маршрута), а также функции переименования, копирования и построения ортогональных маршрутов (должен быть выбран один маршрут).

Кроме того, напротив имени каждого маршрута (слева) отображаются три иконки статуса маршрута. Левая иконка – статус видимости маршрута. Она может иметь два состояния: видимый () и скрытый (). В скрытом состоянии маршрут не будет отображаться при загрузке файла *.rts в RouteNav, но фактически будет оставаться в проекте и может быть дополнительно сделан видимым как в редакторе, так и в основной программе в процессе полета. Изменить статус видимости в окне списка маршрутов можно кнопкой «Скрыть/показать маршрут» (, третья снизу).

Средняя иконка – количество путевых точек в маршруте. Может иметь три состояния: маршрут-точка (), линейный маршрут из двух путевых точек (), сложный маршрут из нескольких путевых точек (). Данный статус изменяется при редактировании маршрутов и добавлении/удалении путевых точек вне окна списка.

Правая иконка – направление прохождения маршрута – соответствует двум возможным состояниям маршрута: фиксированное направление прохождения () и произвольное направление прохождения маршрута (). Изменение настройки выполняется кнопкой .

Если выделено несколько маршрутов, то при нажатии кнопок, и , соответствующая настройка для выделенного диапазона будет определяться по первому маршруту выборки. Двойной клик по маршруту в списке центрирует карту-схему на нем.

Рассмотрим подробнее некоторые операции с маршрутами, доступные из окна списка (см. рис. 3.87). Операция копирования может быть полезна при работе на линейных объектах, требующих многократного

параллельного прохождения вдоль криволинейных маршрутов. Пример копирования приведен на рисунке 3.88.

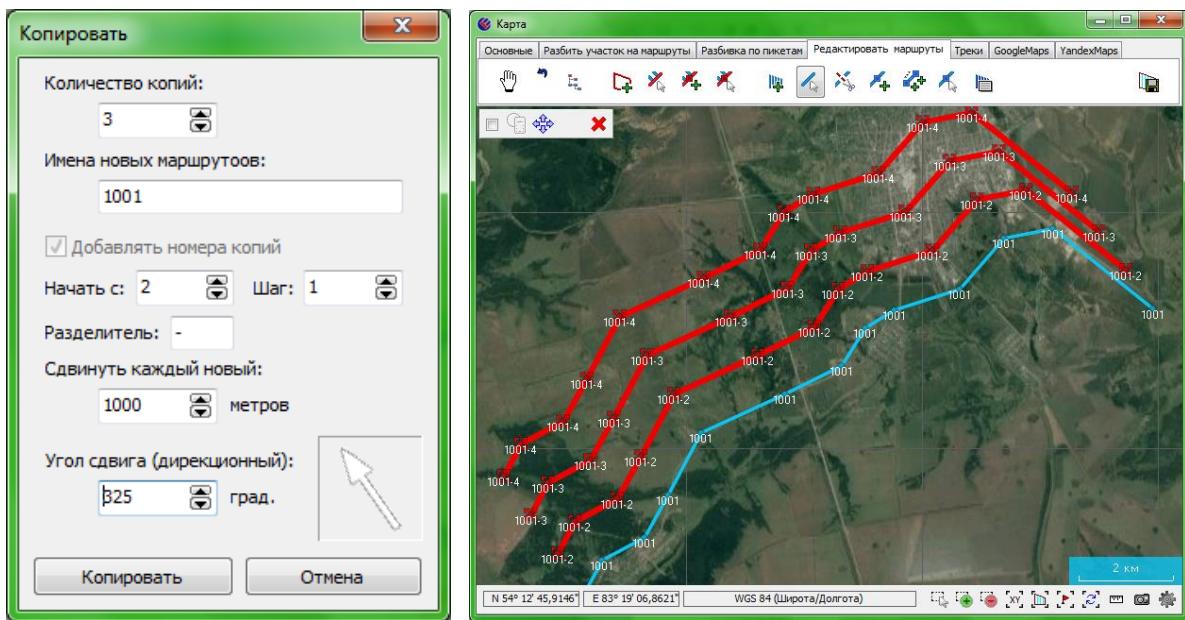


Рисунок 3.88 – Настройки копирования маршрута (слева) и результат (справа)

Основные параметры копирования – количество копий и их имена, а также смещения относительно исходного (расстояние и дирекционный угол). Для удобства дирекционный угол выводится дополнительно в виде стрелки. Копии маршрутов будут иметь название, включающее заданную текстовую часть и порядковый номер от выбранного числа с заданным шагом.

В главном окне редактора рядом с кнопками редактирования маршрутов в режиме добавления и редактирования точек маршрутов отображается список маршрутов, по умолчанию находящийся в позиции «все маршруты».

Выбор маршрута из этого списка (по имени) позволяет редактировать его изолированно от остальных, рисунок 3.89.

Выделенный маршрут будет выведен более ярким цветом, в то время как неактивные маршруты станут полупрозрачными.

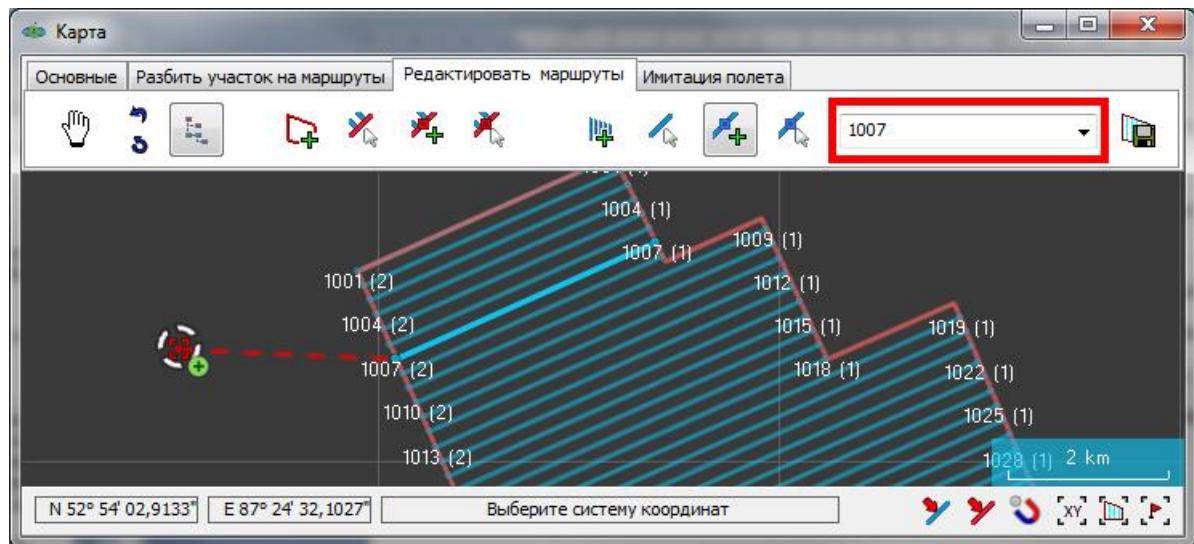


Рисунок 3.89 – Изолированное редактирование маршрута

Начиная с версии 1.9, добавлен инструмент «ножницы» (кнопка), позволяющий разбивать маршруты по линии среза, рисунок 3.90.

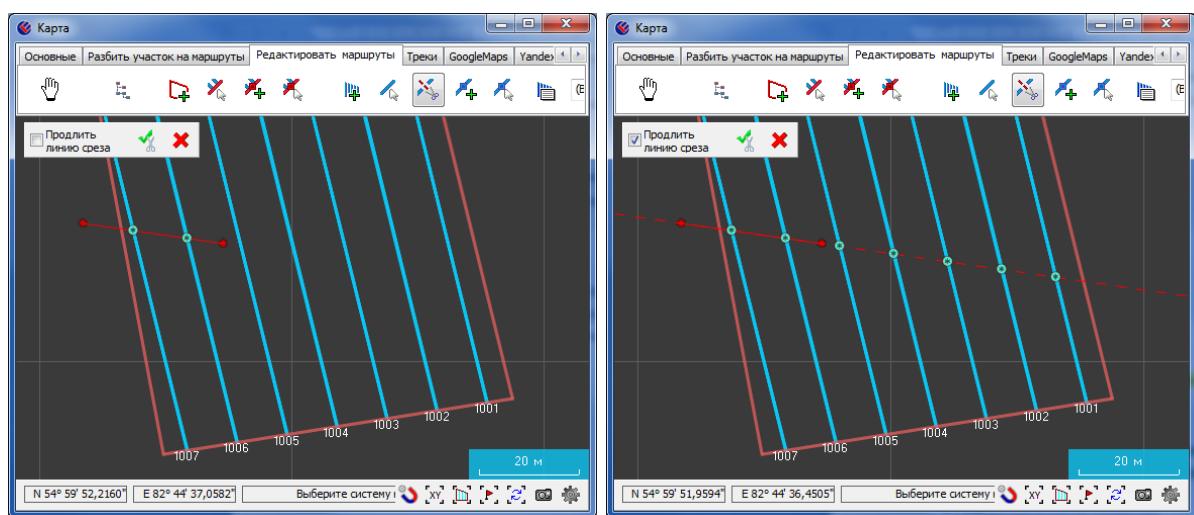


Рисунок 3.90 – Инструмент «Ножницы» в режиме отрезка (слева) и прямой (справа)

Ножницы могут действовать на выделенном отрезке или на прямой, включающей данный отрезок (флажок «продлить линию среза»).

Применение среза осуществляется кнопкой . Сброс отрезка – кнопкой . Крайние точки отрезка могут быть отредактированы перетаскиванием зажатой левой кнопкой мыши (курсор примет вид переноса, см. рис. 3.82).

Отрезки могут быть попарно соединены обратно в меню списка точек (см. рис. 3.87).

Также существует возможность добавления поворотных точек к маршрутам через заданное расстояние – кнопка , рисунок 3.91. Маршруты разбиваются по горизонтальному проложению через определенное расстояние для дальнейшего редактирования или для вывода в виде каталогов координат с определенным шагом.

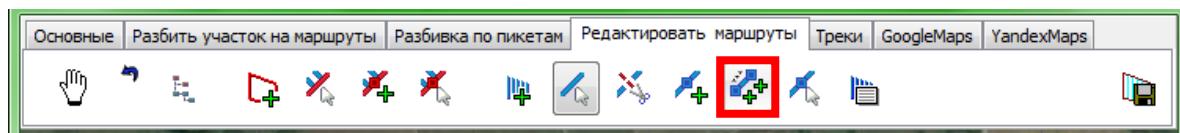


Рисунок 3.91 – Кнопка автоматического добавления поворотных точек

В настройках разбиения, вызываемых кнопкой, выбирается маршрут для разбики (можно выбрать также все маршруты) и задается расстояния по маршруту, через которые к нему будут добавлены новые точки автоматически от начала, рисунок 3.92.

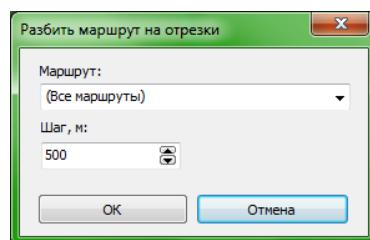


Рисунок 3.92 – Настройки автоматического добавления поворотных точек

В маршрут будут добавлены дополнительные поворотные точки, рисунок 3.93.

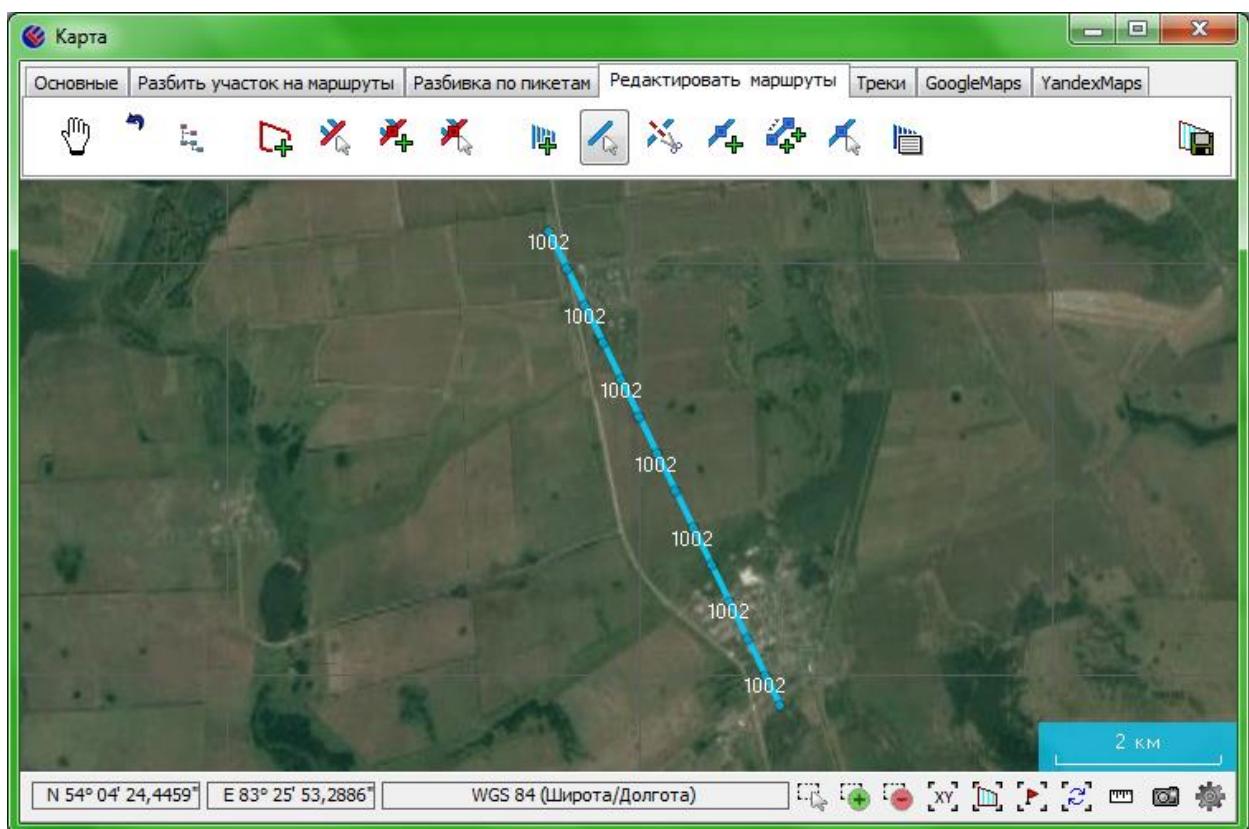


Рисунок 3.93 – Маршрут с добавленными поворотными точками

Новые поворотные точки добавляются к уже существующим (за исключением случаев полного совпадения с ними).

Если маршрут необходимо разбить с обратной стороны, его можно инвертировать в меню списка маршрутов.

Кроме того, маршруты могут быть скрыты (в этом случае в редакторе они отображаются цветом координатной сетки), им может быть задано фиксированное направление прохождения, рисунок 3.94.

Данные свойства редактируются в окне управления списком маршрутов (см. рис. 3.87).

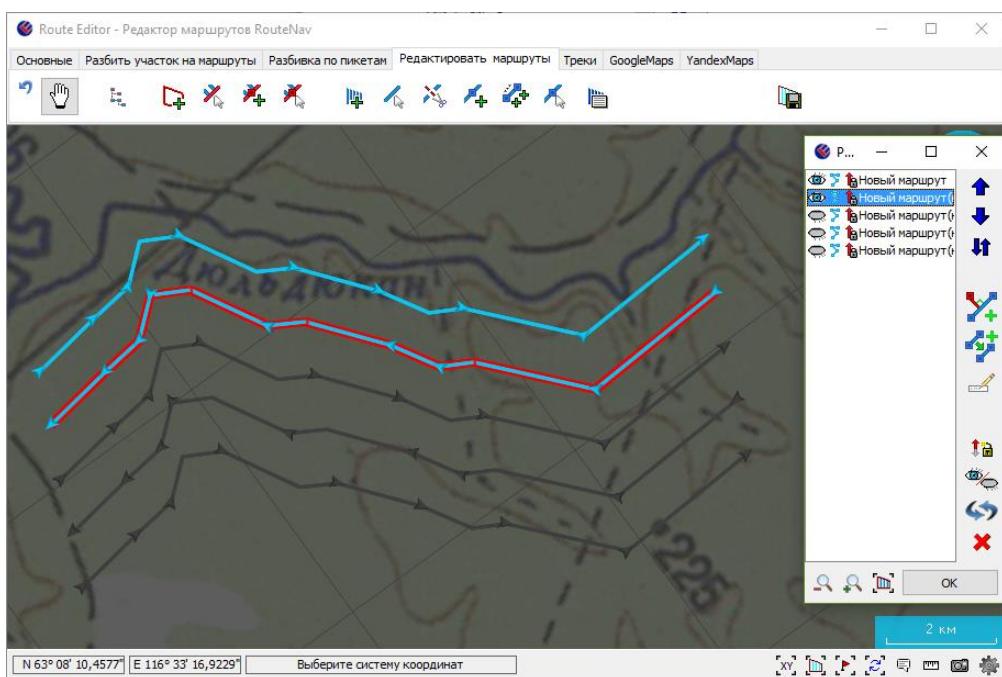


Рисунок 3.94 – Отображение видимых и скрытых маршрутов с фиксированным направлением прохождения

3.2.3.5 Работа с маркерами/пикетами

Начиная с версии 1.99, доступен новый раздел главного меню редактора – «Разбивка по пикетам». Текущие возможности редактирования позволяют создавать маркеры (пикеты) из маршрутов, объединять их в маршруты и управлять ими через окно списка, рисунок 3.95.

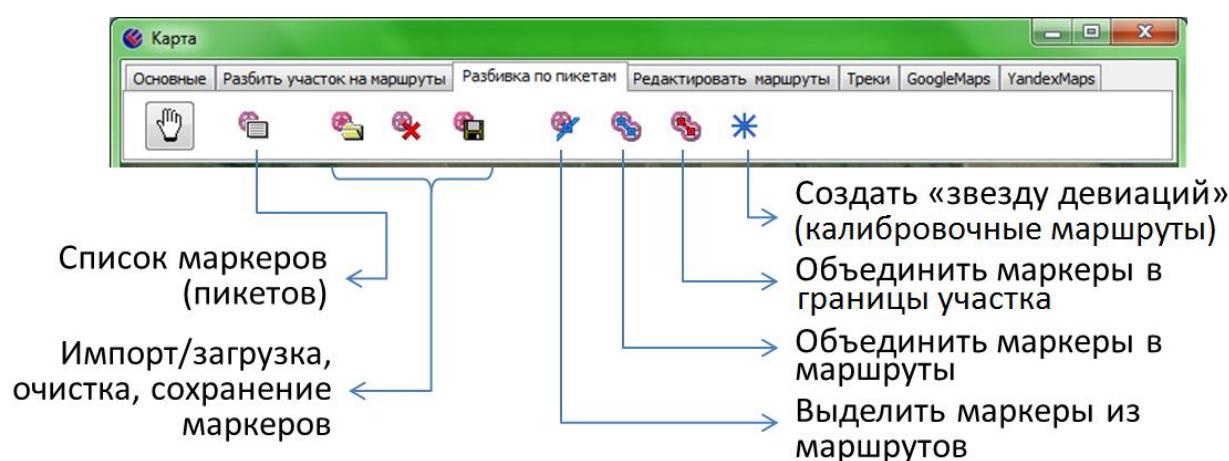


Рисунок 3.95 – Меню «Разбивка по пикетам»

В новейших версиях редактора также доступен режим создания петель ЗСБ (кнопка ). Данному режиму посвящено Приложение Г.

Для управления маркерами добавлен активный список, вызываемый кнопкой , рисунок 3.96. Список позволяет выделять маркеры, центрировать на них рабочее окно () , редактировать выделенный маркер () или удалить его ().

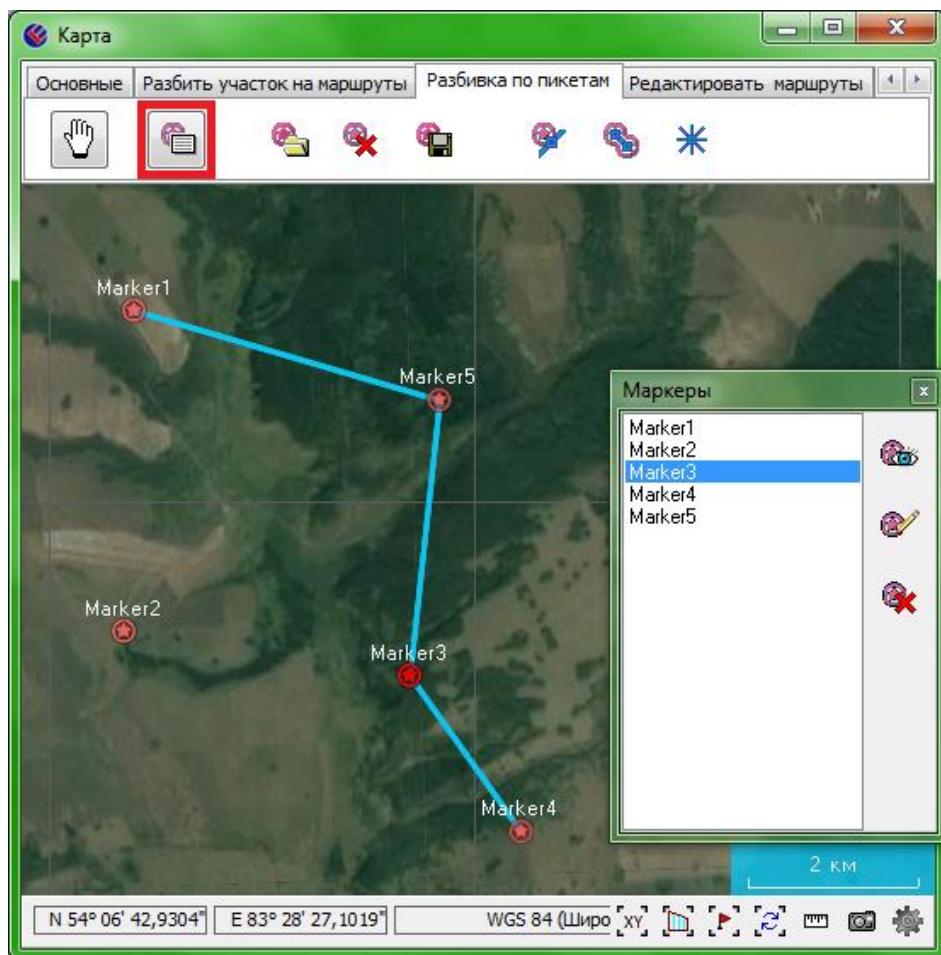


Рисунок 3.96 – Список маркеров

Как и маршруты, маркеры могут быть сохранены как во внутреннем формате, так и в виде текстового каталога координат в заданной системе, что может быть полезно при проектировании работ.

Загрузка и импорт маркеров также доступны как из внутреннего формата *.mark, так и из произвольного текстового файла (настройки импорта аналогичны настройкам импорта маршрутов).

Поворотные точки маршрутов могут быть превращены в маркеры соответствующей кнопкой (). Окно настроек для выполнения данной команды позволяет задать имена создаваемых маркеров и исходный маршрут (также доступен вариант «Все маршруты»), рисунок 3.97.

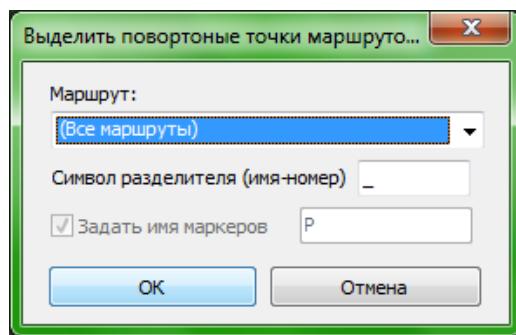


Рисунок 3.97 – Настройка создания маркеров из поворотных точек

Примеры результата выделения маркеров из маршрутов показаны на рисунке 3.98.

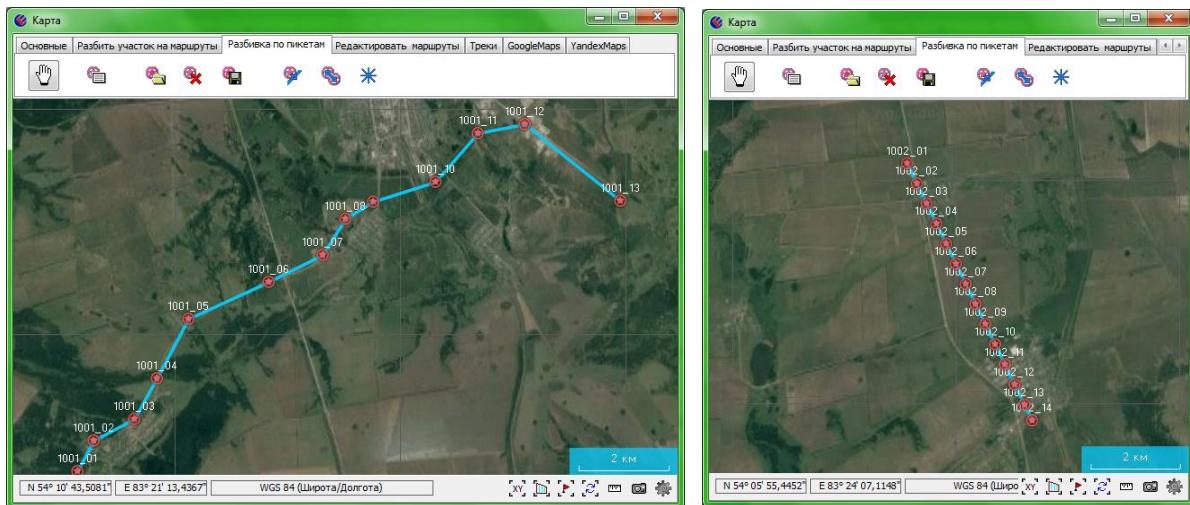


Рисунок 3.98 – Результат выделения маркеров из маршрутов

Возможно решение и обратной задачи – соединения маркеров в маршруты – кнопка «Создать маршрут из маркеров» (✿), рисунок 3.99. Маркеры, включаемые в маршрут, должны быть добавлены в список. Их порядок может быть изменен.

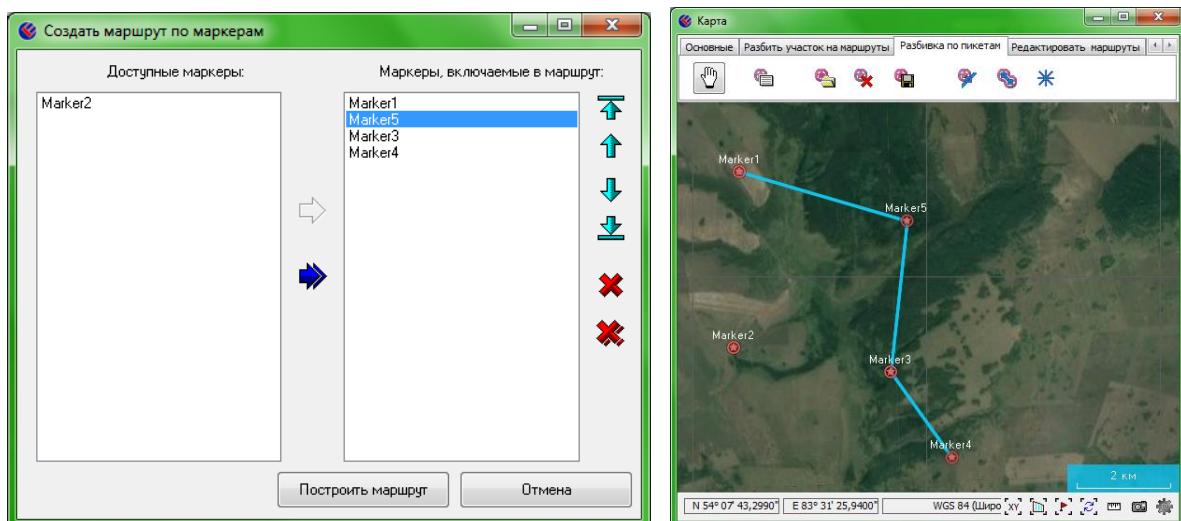


Рисунок 3.99 – Окно настройки объединения маркеров в маршрут (слева) и результат операции объединения

Одной из важных дополнительных функций также является построение калибровочных маршрутов («звезды девиаций»), вызываемый кнопкой ✿, рисунок 3.100.

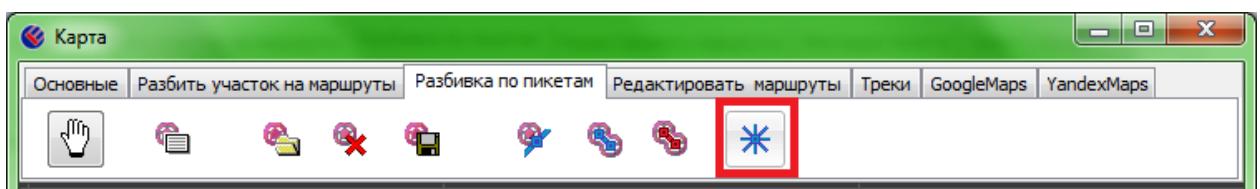


Рисунок 3.100 – Вызов создания калибровочных маршрутов («звезды девиаций»)

В настройках задается количество маршрутов, их размер (диаметр «звезды» или сторона квадрата) и центр/точка пересечения маршрутов (может быть задана одним из маркеров, размещаться в центре участка работ, в центре рабочего экрана или задана вручную в любой доступной системе координат), рисунок 3.101.

Сами маршруты могут быть расположены как в виде звезды, так и «коробочкой». Отдельная настройка позволяет создать звезду девиаций с фиксированным двукратным прохождением в противоположных направлениях (флажок в правом нижнем углу окна).

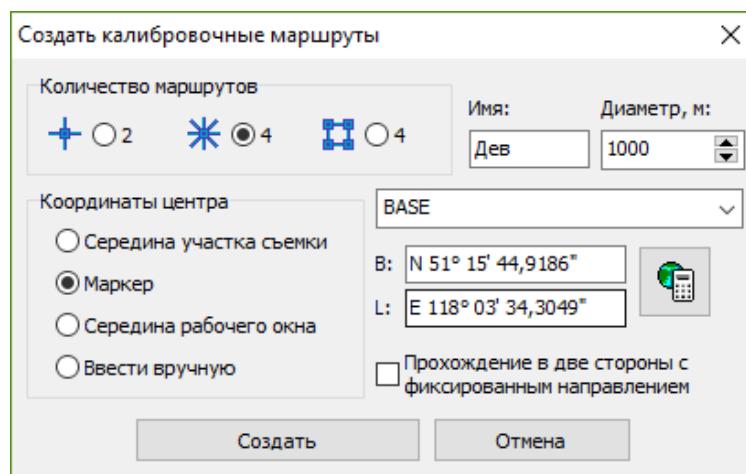


Рисунок 3.101 – Настройка создания калибровочных маршрутов («звезды девиаций»)

Звезда девиаций из заданного количества линий будет представлять собой несколько пересекающихся маршрутов, рисунок 3.102.

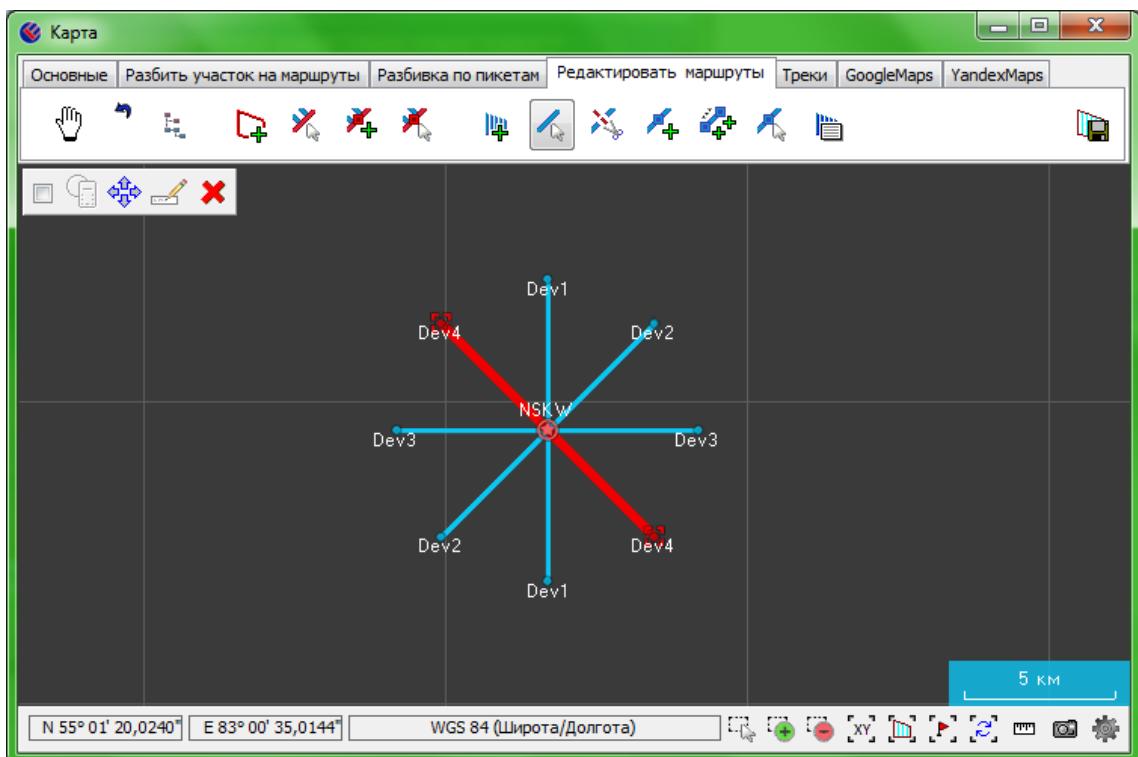


Рисунок 3.102 – Пример созданной «Звезды девиаций»

3.2.3.6 Имитация полета

Категория «Имитация полета» доступна только в случае загрузки редактора со специальным параметром `-i` (самый простой вариант – вызов из программы RouteNav, вкладка «Воспроизведение полета»).

Для испытания шаблона настроек иногда необходимо выполнить имитацию ГНСС-измерений на заданных маршрутах. Данная задача может быть решена посредством инструментов для имитации (категория «Имитация полета» на главной панели) измерений, рисунок 3.103.

Для имитируемого полета задается последовательность прохождения маршрутов (шаг, алгоритм прохождения последовательный/петлями) и минимальный радиус разворота. Имитируемая траектория может содержать специально модулируемые уклоны.

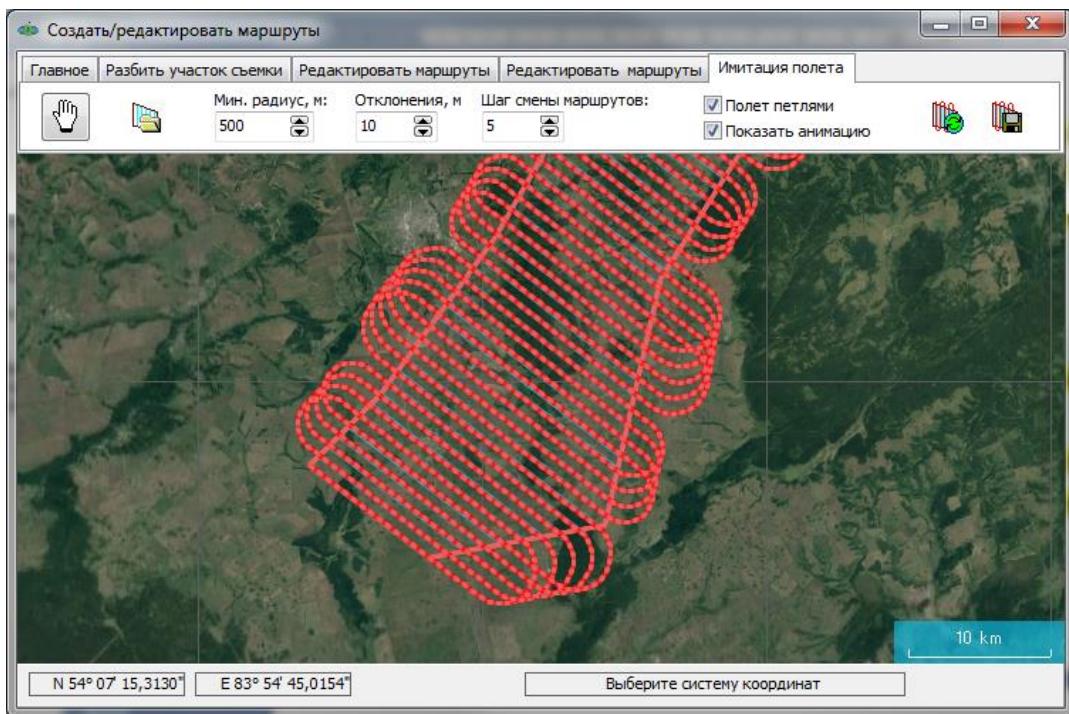


Рисунок 3.103 – Имитированный полет по маршрутам

Запуск алгоритма имитации осуществляется кнопкой .

Имитированный полет сохраняется в виде NMEA-протокола (*.gps) нажатием кнопки .

При запуске Route Editor в режиме имитации из окна настроек RouteNav, вкладка «Воспроизведение» или в окна создания проекта, в качестве маршрутов автоматически загружаются маршруты текущего проекта.

В настоящее время данная функция менее актуальна с появлением возможности ручного управления в режиме воспроизведения полета.

3.2.3.7 Другие возможности RouteEditor

Помимо проектирования маршрутов, RouteEditor позволяет решать дополнительные задачи, в частности:

- загрузку карт и космоснимков с картографических сервисов GoogleMaps/YandexMaps (подробнее см. далее в 3.2.4);

– загрузку и отображение траекторий (в том числе, импорт из текстовых таблиц). С ними также могут быть выполнены следующие операции:

- выделение отдельных точек траектории с отображением их параметров;
- представление траектории в виде редактируемой таблицы;
- редукция измерений в точках траектории по вычисленным или измеренным углам;
- автоматическое и ручное присвоение маршрутам (для постполетной оценки выдерживания);
- построение осредненных линий маршрутов;
- выделение остановок (pseudo-Stop-and-Go).

Пример загруженной траектории показан на рисунке 3.104.

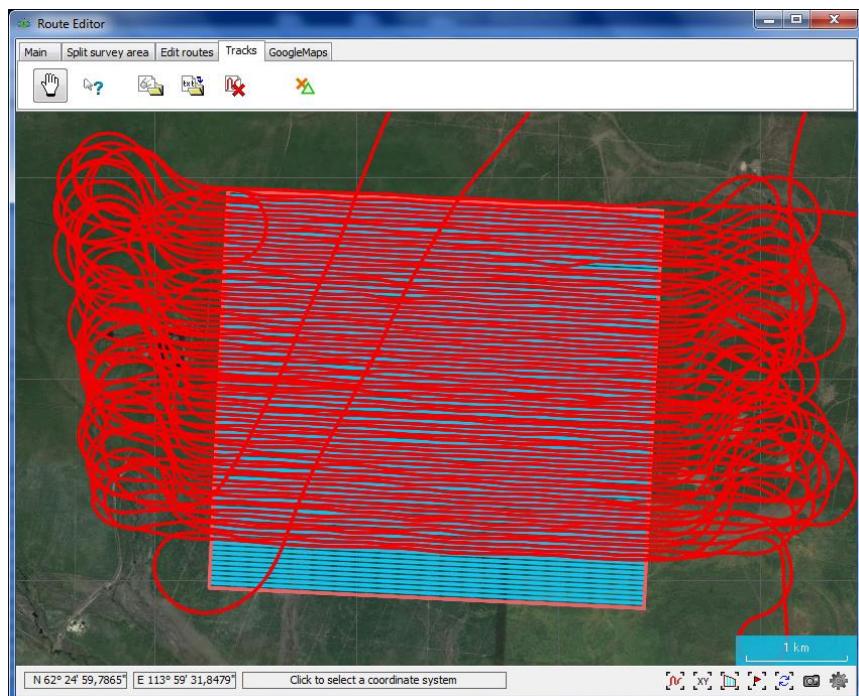


Рисунок 3.104 – Вывод траектории в RouteEditor

Работа с траекториями описана в подразделе анализа результатов полета 3.6.

3.2.4 Загрузка карт и космоснимков с картографических сервисов GoogleMaps/YandexMaps в RouteEditor и GetMap

В полете в качестве фоновых подложек, а также при проектировании маршрутов могут использоваться геопривязанные изображения с различных геопорталов. Для сервисов GoogleMaps и YandexMaps была написана автоматизированная утилита *GetMap*, позволяющая выполнять экспорт отдельных участков в формат Asdb. При этом в рамках одной подложки могут содержаться карты или космоснимки различного уровня увеличения (Zoom).

Работа утилиты основана на инструменте Google API StaticMap и аналогичного инструмента Yandex. Для доступа к картам Google с недавнего времени необходимо иметь ключ Google API (ранее существовала возможность получения оффлайн-карт бесплатно с определенными ограничениями). Подробности по тарифам и условиям использованию ключа Google API можно на официальном сайте сервиса Google Maps [38].

Аналогичный сервис компании Яндекс предоставляет бесплатный доступ к оффлайн-картам без ключа, при условии их применения в ознакомительных целях [39].

При запуске утилиты позволяет ввести начальные данные (участок работ, имеющиеся карты в формате *.asdb, координаты точки старта) и настроить параметры загрузки карт (тип загружаемых изображений, уровень увеличения, ключ Google API), рисунок 3.105. Часть из этих параметров может быть изменена при работе с утилитой.

Для автоматической настройки проекции и запуска рабочего модуля программы, необходимо, чтобы был задан хотя бы один вид исходных данных.

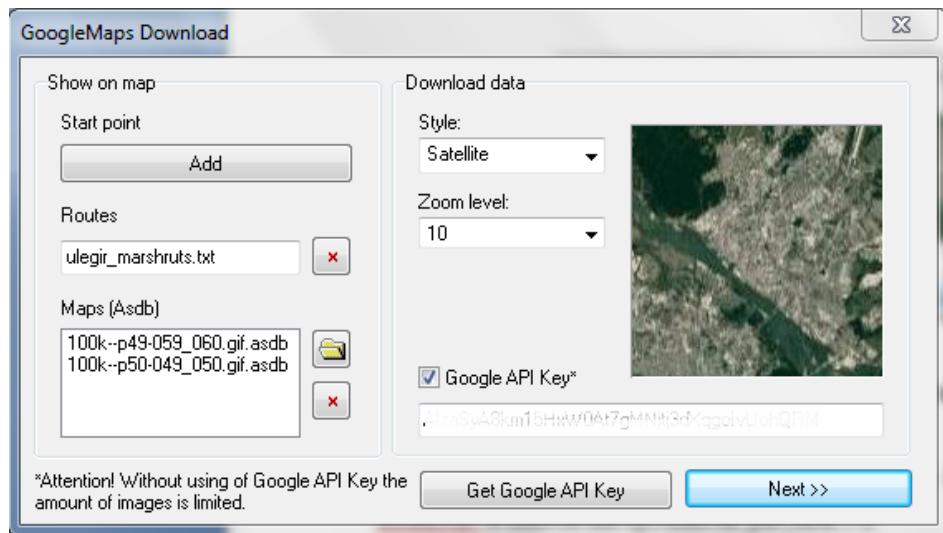


Рисунок 3.105 – Окно запуска утилиты GetMap

Рабочее окно программы включает в себя отображающий модуль RouteNav и панели инструментов, идентичный утилите редактирования маршрутов *Route Editor*, рисунок 3.106.

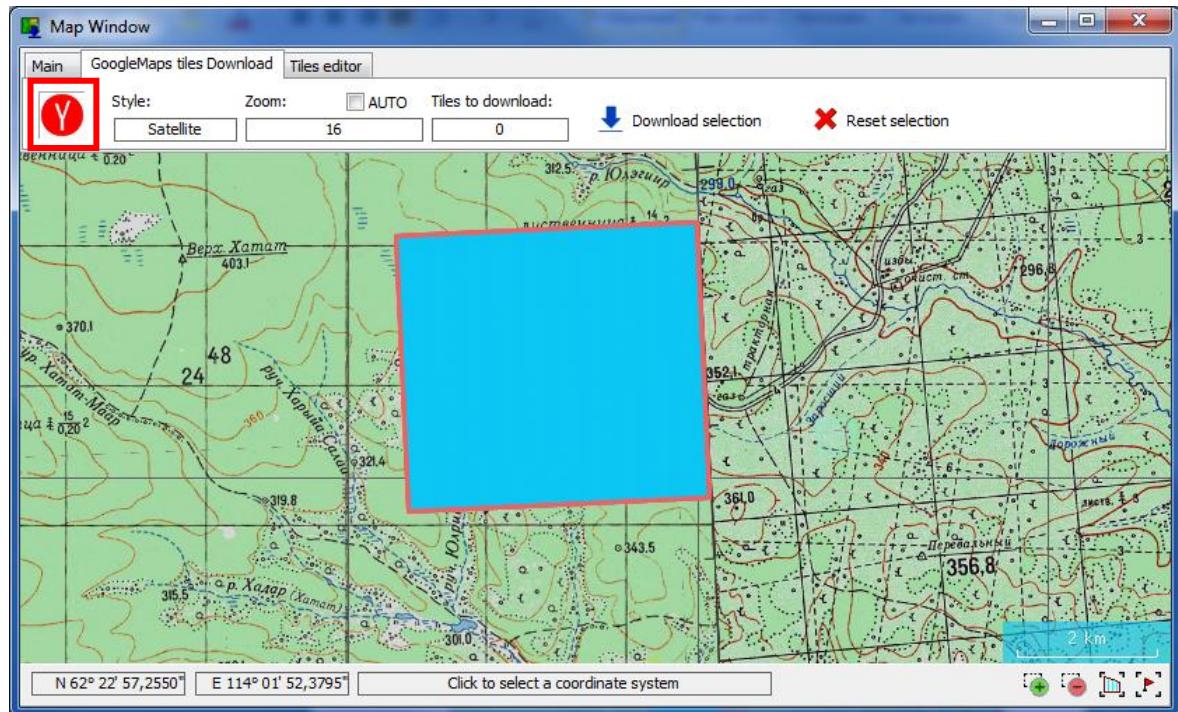


Рисунок 3.106 – Рабочее окно утилиты загрузчика GoogleMaps

Программа имеет три режима работы – настройка исходных данных, загрузка карт GoogleMaps/YandexMaps и редактирование подложек. Последний режим позволяет редактировать уже загруженные карты (в первую очередь, удалять «битые» и ненужные участки).

В связи с тем, что GoogleMaps ограничили доступ к своим данным (теперь для скачивания тайлов необходимо иметь ключ GoogleKey, который можно ввести в настройках, см. рис. 3.105), был добавлен сервис YandexMaps. Выбор сервиса для скачивания карт осуществляется нажатием по иконке в правом верхнем углу экрана (на рисунке 3.106 отмечен рамкой).

ВНИМАНИЕ! Политика Yandex подразумевает только ознакомительное использование оффлайн-карт.

В режиме загрузки карт выполняется выбор загружаемых участков (выделяются зеленым цветом). Повторное нажатие на выделенном участке удалит его, рисунок 3.107.

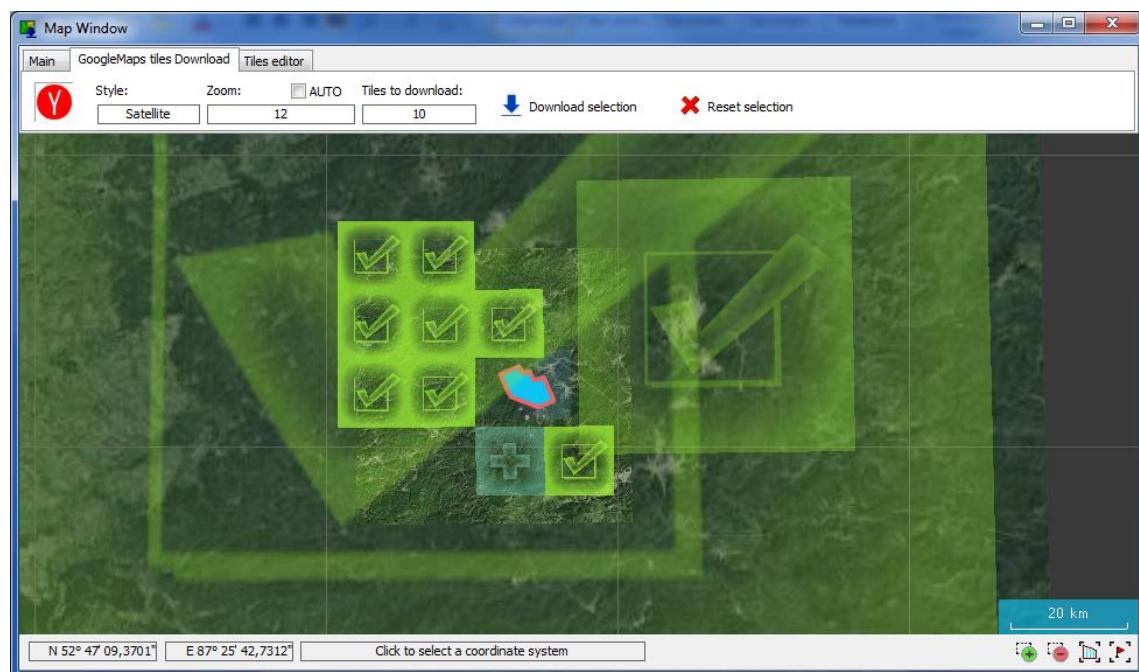


Рисунок 3.107 – Выбор загружаемых участков разных масштабов

Участки могут загружаться для разных масштабов (уровней увеличения). Изменение масштаба производится нажатием на соответствующую кнопку главного меню или прокруткой колеса мыши при зажатой клавише Shift.

Кроме того, если при зажатой левой кнопки мыши удерживать клавишу Shift, активируется режим множественного добавления. При этом курсором задается рамка, в которой будут добавлены участки. Клавиша Ctrl служит для множественного удаления выбранных участков.

После выбора участков выполняется их загрузка нажатием соответствующей клавиши панели меню. Загруженные изображения будут автоматически добавлены на карту.

Загруженная карта, состоящая из выбранных участков (тайлов) может быть отредактирована в режиме редактора подложек. В этом режиме выбираются отдельные тайлы, и, при необходимости, выполняется их удаление (кнопка на панели меню или клавиша Del).

Выделение участков выполняется левой кнопкой мыши, а переключение – клавишей Tab. Если в области курсора мыши находится несколько тайлов, их выбор производится посредством контекстного меню, рисунок 3.108.

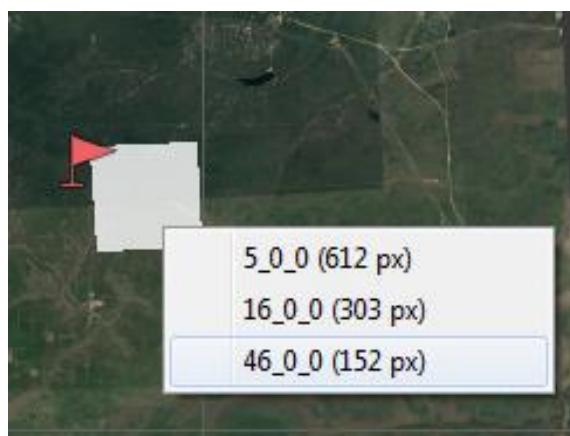


Рисунок 3.108 – Редактирование тайлов загруженной карты

В RouteEditor аналогичные функции реализованы в соответствующих вкладках-категориях GoogleMaps/YandexMaps, где совмещены инструменты загрузки и редактирования тайлов, рисунок 3.109.

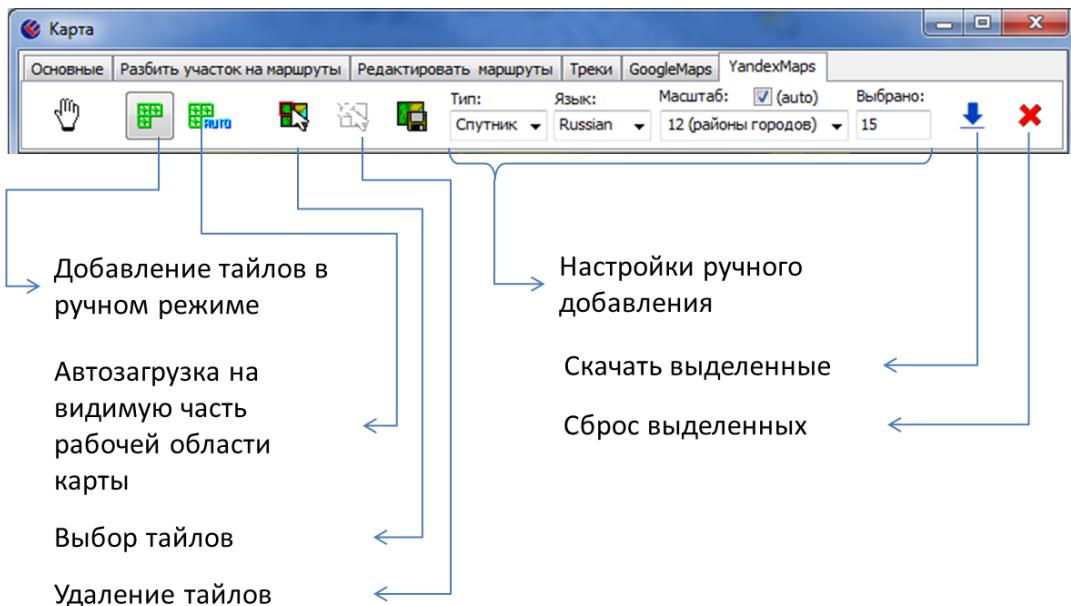


Рисунок 3.109 – Загрузка карт и космоснимков с сервисов YandexMaps/GoogleMaps в RouteEditor

Также в RouteEditor присутствует возможность автоматической загрузки тайлов на видимую область карты-схемы (кнопка категории GoogleMaps/YandexMaps или кнопка в категории «Основные»).

3.2.5 Геопривязка растровых карт в утилите Raster

Утилита Raster, служит для подготовки геопривязанных растровых подложек для RouteNav. Она выполняет следующие действия:

- загрузка растрового изображения;
- выполнение геопривязки:
 - импорт из формата OziExplorer или ручной ввод координат точек на изображении и соответствующих координат карты/снимка;

- получение аффинных коэффициентов связи координат точек растрового изображения с их значениями в геодезической СК (в проекции Меркатора или Гаусса-Крюгера);
- автоматическое или ручное определение рамки карты;
- удаление рамки (заливка прозрачным цветом);
- преобразование геопривязанного раstra в формат RouteNav:
 - разбиение изображения на тайлы 512×512 пикселей;
 - расчет координат крайних точек каждого тайла;
 - создание пирамиды изображений для каждого тайла;
 - формирование метайфайла с информацией о привязке тайлов;
 - сохранение тайлов и метафайла в архив формата Asphyre DataBase (*.asdb).

Рабочее окно утилиты Raster приведено на рисунке 3.110.

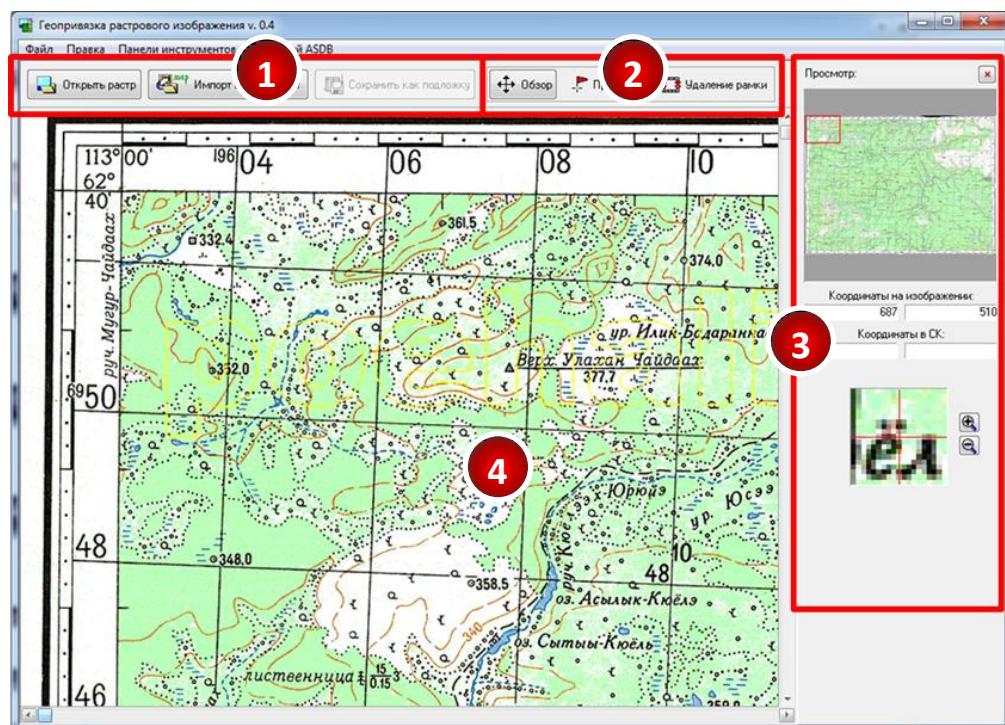


Рисунок 3.110 – Утилита импорта растровых карт Raster: кнопки управления (1); выбор режима (2); предпросмотр (3); карта/рабочая область (4)

В зависимости от исходных данных, количество операций, производимых с программой, может варьироваться.

Основные шаги работы с программой:

- 1) Загрузка растрового изображения в формате *.bmp, *.gif, *.jpg, *.jpeg, *.png, *.tiff (если не имеется геопривязки) или импорт геопривязанного раstra из формата Ozi Explorer (нажатие одноименной кнопки и выбор файла *.map);
- 2) Создание связующих точек в режиме «Привязка»:
 - вход в режим «Привязка» (одноименная кнопка с иконкой );
 - выбор системы координат и проекции (в меню над «шапкой» таблицы точек);
 - добавление точек (если их количество менее 4-6): нажатие левой кнопки мыши на изображении открывает диалоговое окно создания/редактирования связующей точки, рисунки 3.111 и 3.112;

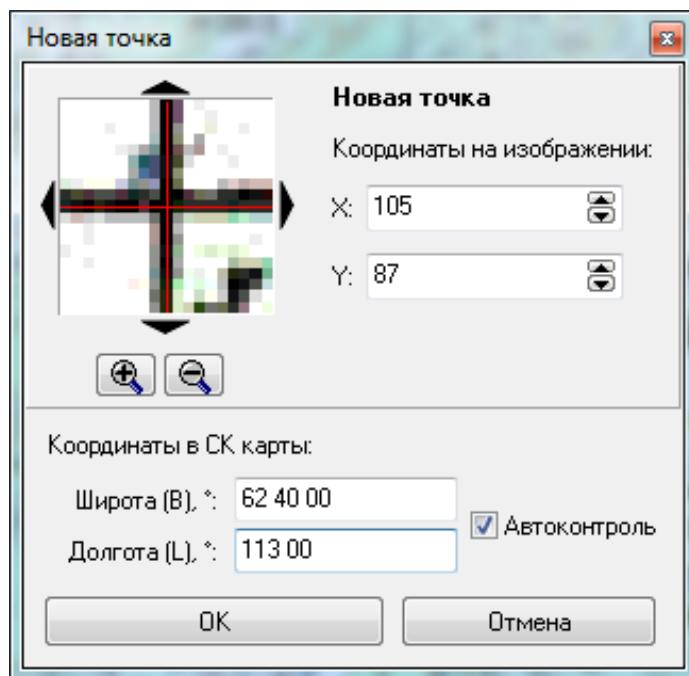


Рисунок 3.111 – Создание/редактирование связующей точки

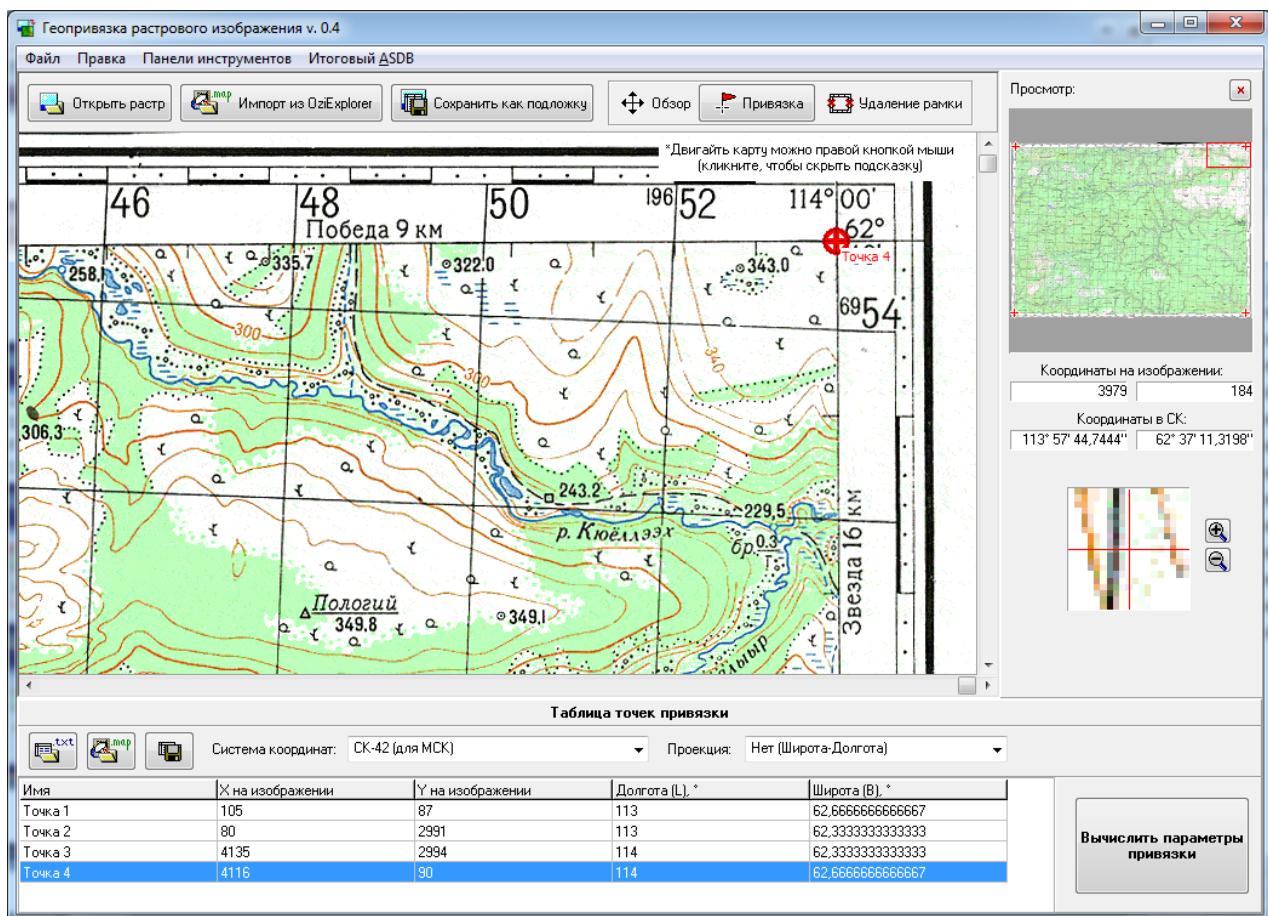


Рисунок 3.112 – Связующие точки (точки привязки) на карте и в списке

- при необходимости – редактирование точек: точка выделяется в таблице и может быть удалена или отредактирована (нажатием правой кнопкой мыши вызывается соответствующее меню выбора);
- расчет параметров привязки (кнопка «Вычислить параметры привязки» в правом нижнем углу окна). Если погрешность (СКП) привязки по заданным точкам не превышает 10 пикселей, привязка выполнена, иначе требуется проверка точек привязки. При отсутствии необходимости в удалении рамки, подложка может быть сохранена из окна отчета вычисления параметров, рисунок 3.113.

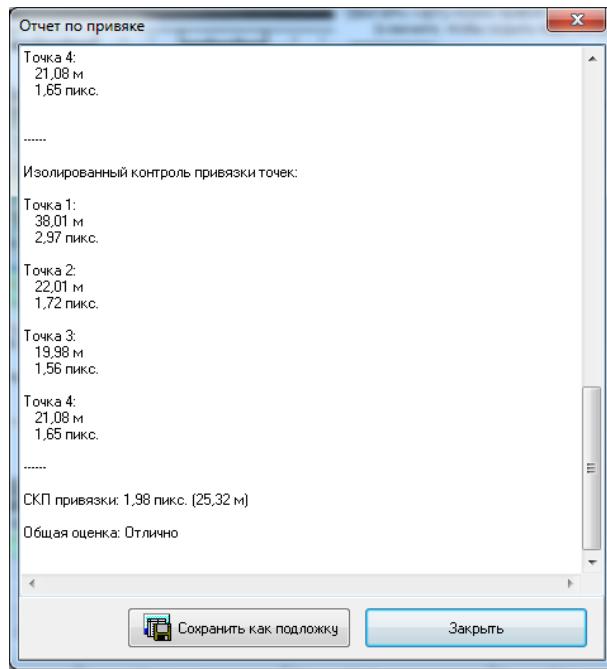


Рисунок 3.113 – Отчет о точности привязки

3) Удаление рамки:

- вход в режим удаления рамки (кнопка с иконкой);
- создание таблицы точек рамки. Точки должны идти последовательно, **по часовой стрелке**, и обводить рамку карты на изображении. Рамка может быть определена автоматически для карт Генерального Штаба на территорию СССР, масштабов 1:1 000 000 – 1:25 000 (кнопка «Автоопределение»), рисунок 3.114. Кроме того, точки могут быть перенесены из таблицы связующих точек (в режиме «Привязка» правой кнопкой мыши);
 - после определения или ввода точек рамки, рамка может быть удалена нажатием кнопки «Удалить рамку». Зона изображения, находящаяся за рамкой, будет заполнена цветом, наименее используемым в цветовой схеме исходного растрового изображения (как правило, фуксия), рисунок 3.115. При экспорте в формат Asdb, данный цвет будет установлен «прозрачным». В случае ошибки действие может быть отменено кнопкой «Восстановить».

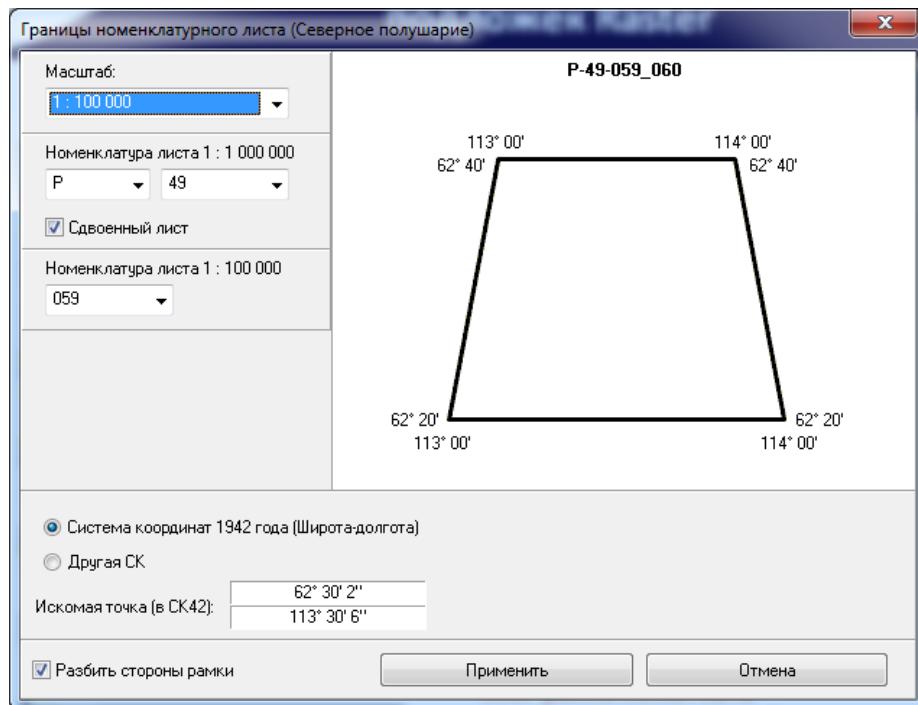


Рисунок 3.114 – Автоматическое определение листа номенклатуры

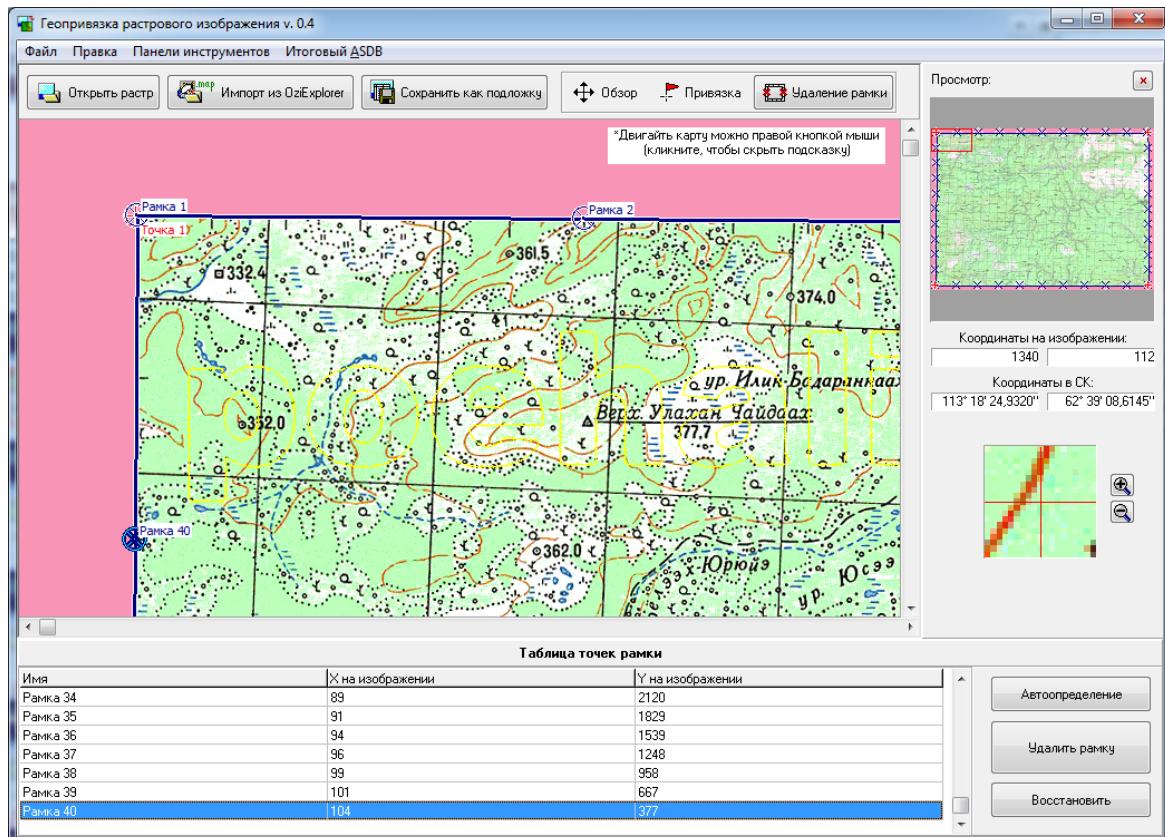


Рисунок 3.115 – Удаление рамки растровой карты

- 4) Сохранение подложки, выполняется кнопкой с иконкой  .
Процесс сохранения может занять от нескольких секунд до 1-2 минут.

3.2.6 Геокалькулятор GeoCalc. Добавление систем координат в RouteNav

3.2.6.1 Преобразование координат и высот с помощью GeoCalc

GeoCalc – утилита, позволяющая выполнять преобразования координат. Кроме того, она служит для управления системами координат, используемыми в навигационной программе RouteNav и программах-утилитах, входящих в ее поставку (RouteEditor, Raster, GetMap и др.).

Вызов программы осуществляется через менеджер утилит. Главное окно геокалькулятора показано на рисунке 3.116.

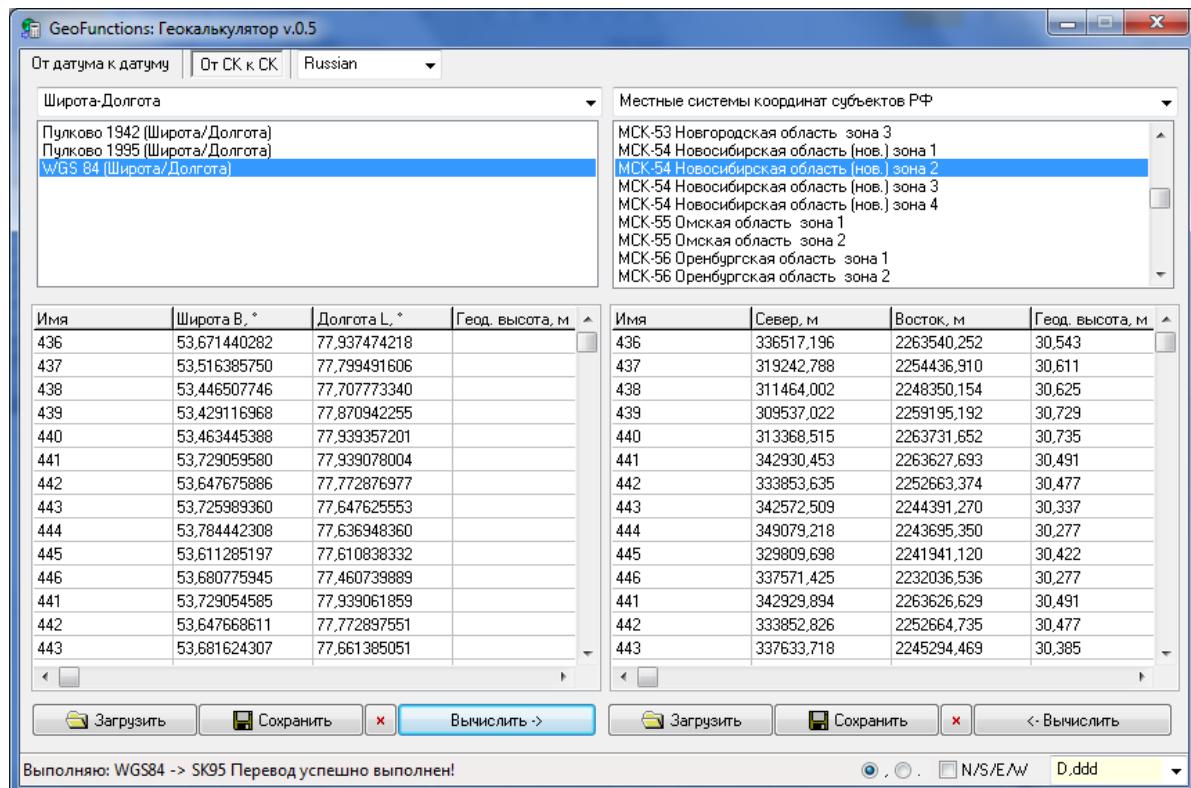


Рисунок 3.116 – Главное окно GeoCalc

Окно программы содержит левую и правую половину, для каждой из которой задается система координат, выбираемая из списка или в виде «Датум+проекция», рисунок 3.117.

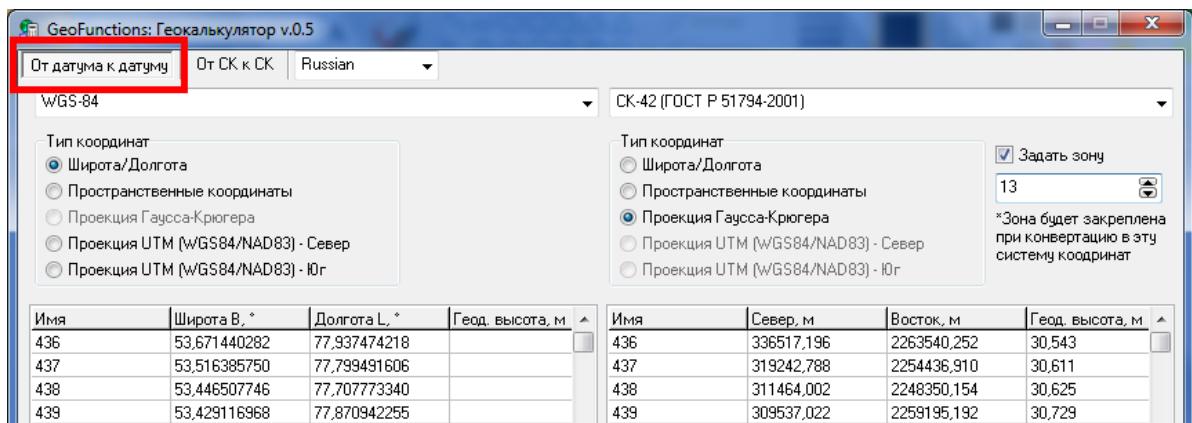


Рисунок 3.117 – Представление системы координат в виде
«Датум+проекция»

При выборе систем координат из списка (см. рисунок 3.100), они могут быть найдены по имени (всего доступно более 150 СК). Для этого необходимо кликнуть по списку ПКМ и выбрать в контекстном меню «Поиск системы координат», рисунок 3.118.

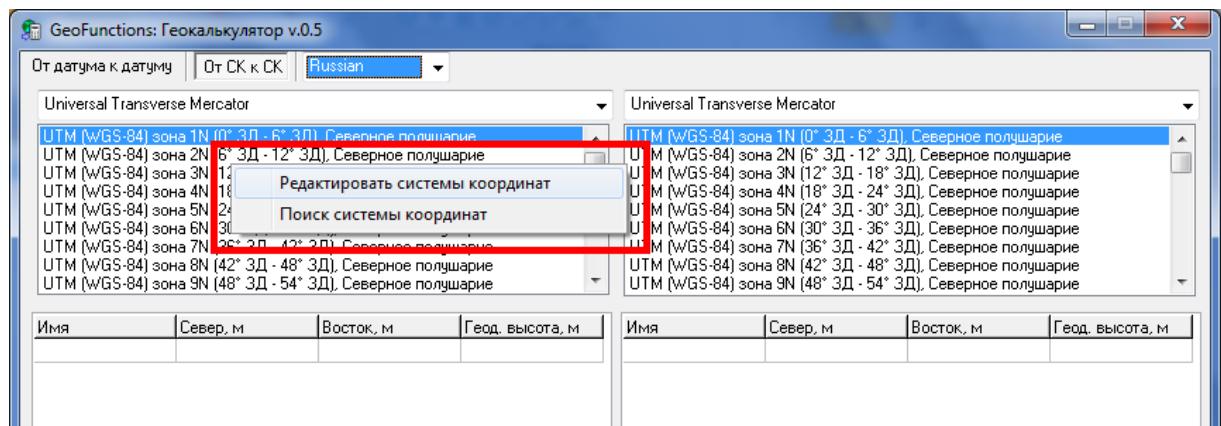


Рисунок 3.118 – Вызов поиска СК

Окно поиска системы координат показано на рисунке 3.119.

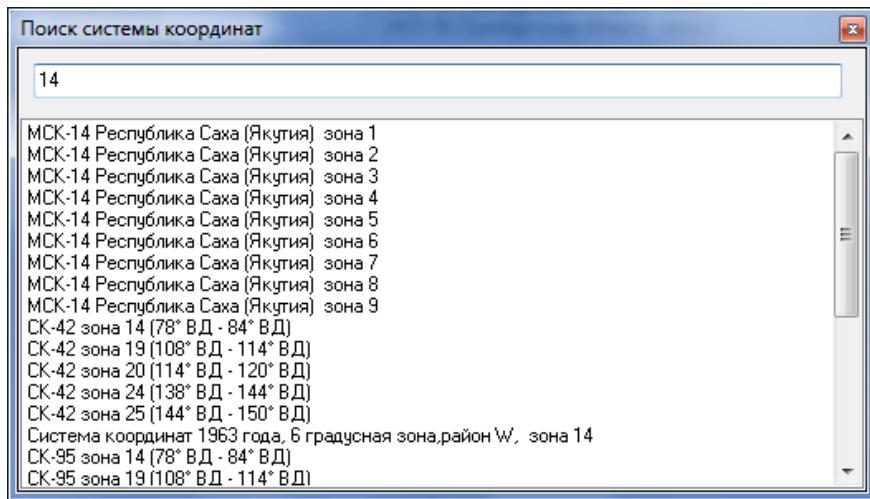


Рисунок 3.119 – Поиск системы координат по названию

Вывод градусов с долями может осуществляться в разном формате, выбираемом в правом нижнем углу окна, рисунок 3.120.



Рисунок 3.120 – Выбор формата вывода геодезических координат

В более новых версиях геокалькулятора, формат вывода любых координат настраивается в отдельном окне, вызываемом кнопкой «Формат...» в левом нижнем углу окна.

Импорт координат выполняется из текстовых файлов через окно импорта, аналогичного другим программам, входящим в состав RouteNav, рисунок 3.121.

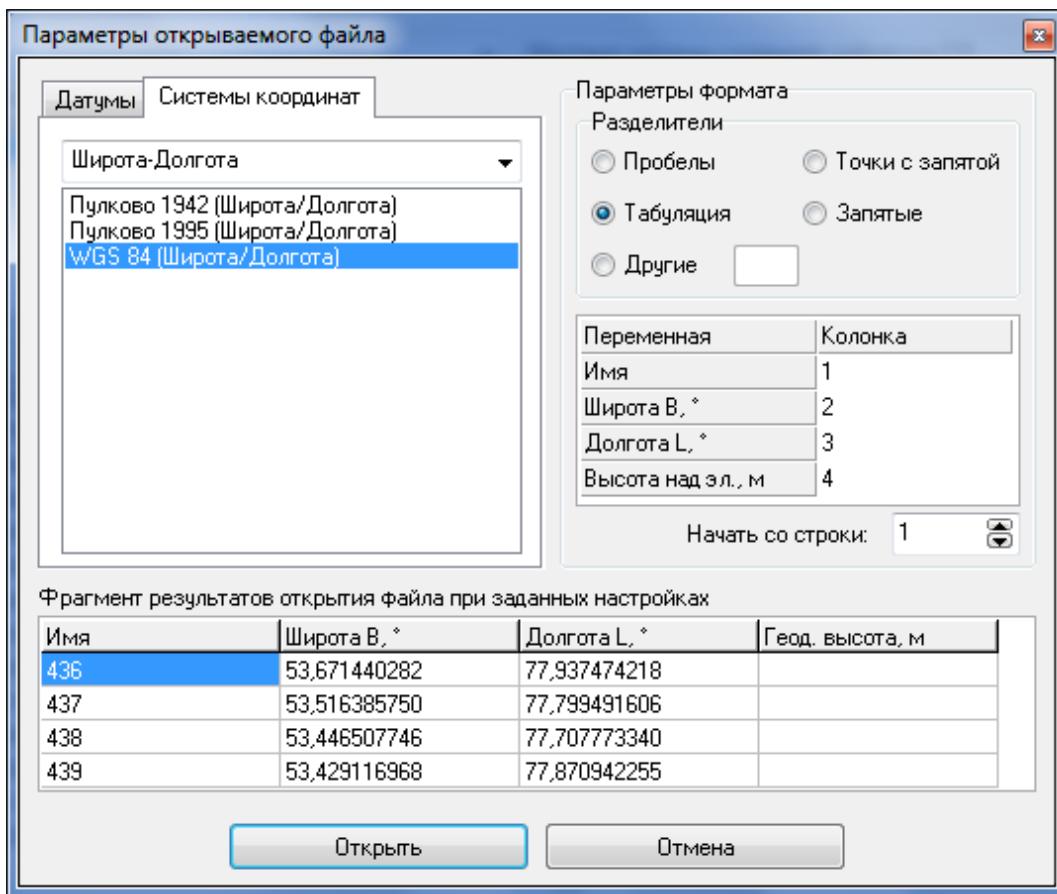


Рисунок 3.121 – Импорт каталога координат

Преобразование координат из одного файла в другой осуществляется кнопкой «Вычислить» (соответственно из одной таблицы в другую). Сохранение выполняется в файл с разделителями табуляцией (кнопка «Сохранить»).

Существует так же возможность, сохранить каталог координат в формате исходной таблицы (только для левой половины). При этом будут сохранены номера столбцов, разделители и другие столбцы исходного файла, а координаты (выбранных при импорте столбцов) будут заменены на вычисленные. Для такого сохранения необходимо кликнуть ПКМ по кнопке «Вычислить» левой таблицы и выбрать пункт контекстного меню «Конвертировать с сохранением дополнительных столбцов», рисунок 3.122.

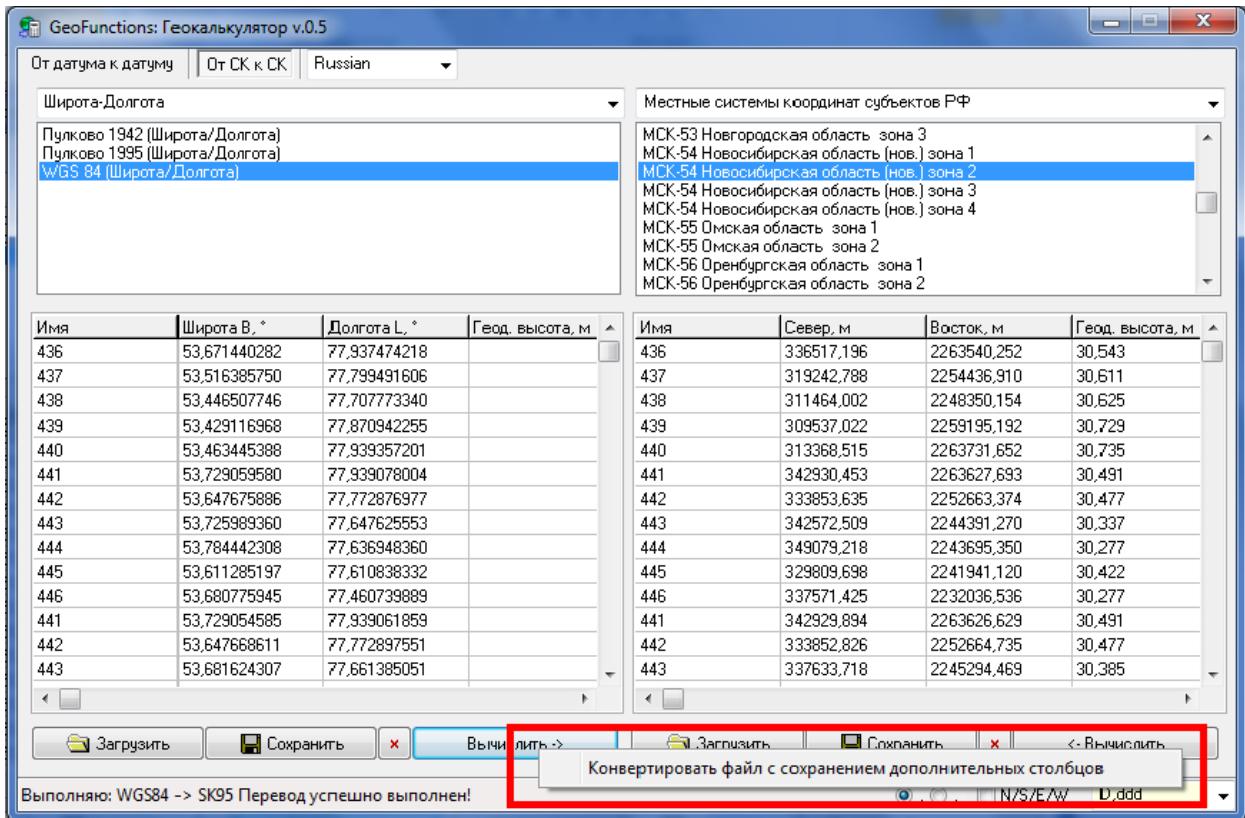


Рисунок 3.122 – Вызов специальной конвертации с сохранением дополнительной информации исходного файла

Параметры пересчета по умолчанию соответствуют действующим российским стандартам [27]. Формулы расчета UTM приведены в [103].

Так как в геодезии различают различные системы высот, может появляться необходимость перехода из одной системы в другую с использованием моделей геоида/квазигеоида.

Модели геоида, поддерживаемые геокалькулятором (в формате *.gdf), позволяют переходить от геодезических высот к ортометрическим. Выбрать модель геоида можно для левой и правой таблицы в специальных меню, рисунок 3.123.

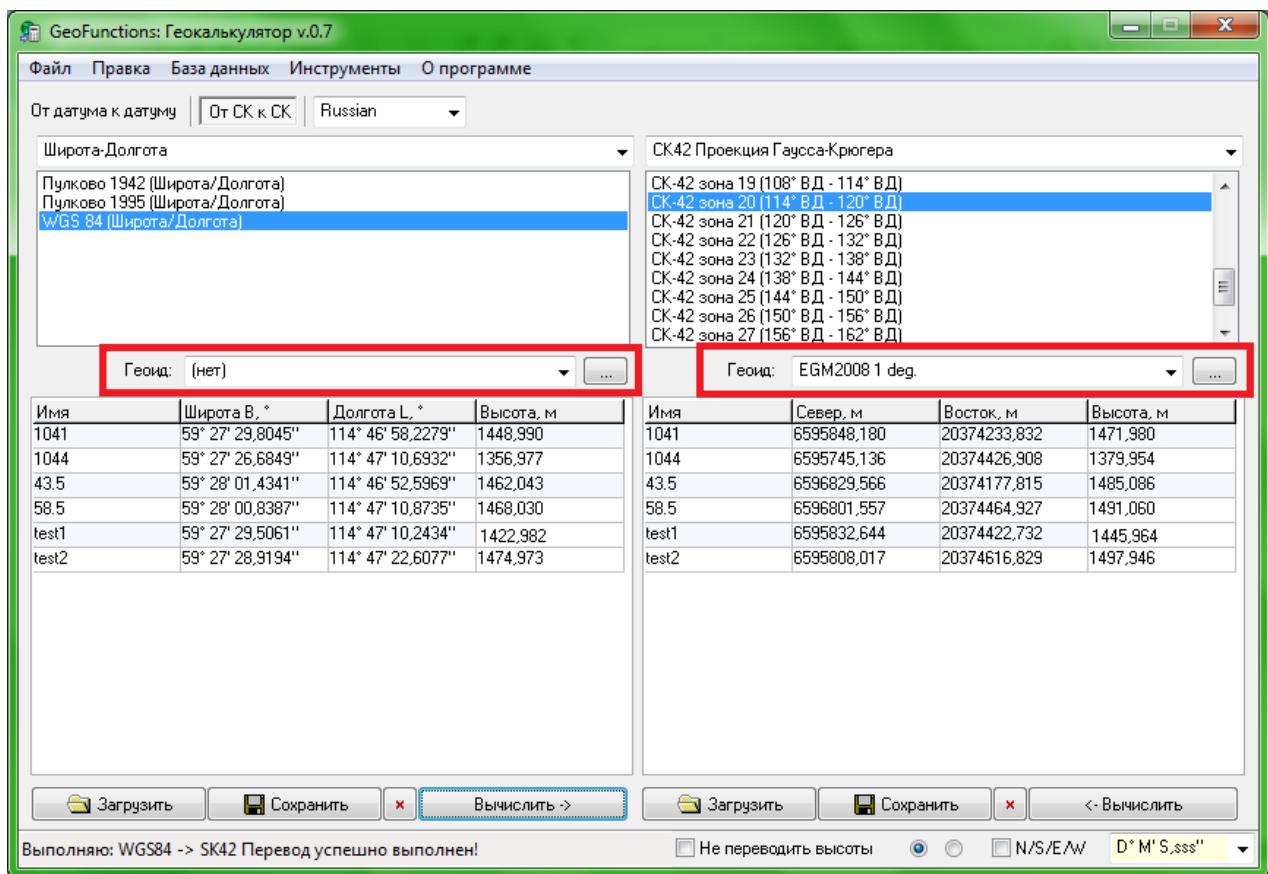


Рисунок 3.123 – Меню выбора модели геоида

Модели геоида, загруженные в GeoCalc, могут иметь различный размер и детальность. Для выбора моделей с возможностью контроля параметров напротив соответствующих меню добавлены кнопки «...», открывающие окно параметров моделей, рисунок 3.124.

Модели геоида представлены в виде регулярных сеток, в узлах которых содержатся значения аномалий высот (превышений над эллипсоидом WGS-84) геоида или квазигеоида. Сетки строятся с заданным шагом (от 1° до 5' и точнее), и чем выше детальность модели, тем меньше шаг сетки. Детальные модели геоида требуют большого количества оперативной и дисковой памяти. Для оптимизации, в GeoCalculator детальные модели (5'-10') даны для территорий отдельных регионов.

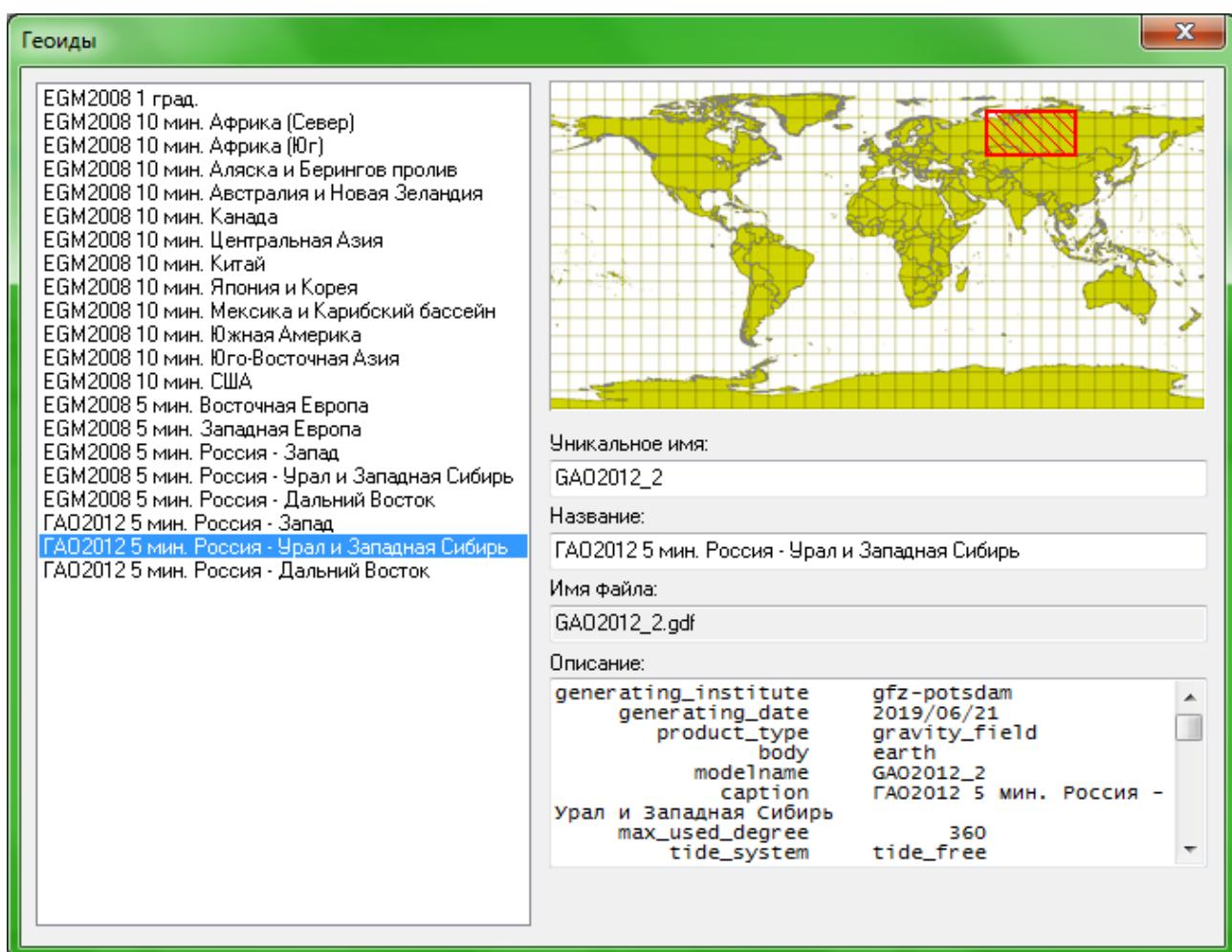


Рисунок 3.124 – Окно просмотра параметров моделей геоида

По умолчанию в GeoCalc доступна модель геоида EGM2008 различной детализации для различных регионов.

Список моделей геоидов может быть расширен путем добавления в папку *Utils\Data\Geoids* новых моделей в формате *.gfv. Такие модели доступны, например, на сайте ICGEM института GFZ Potsdam <http://icgem.gfz-potsdam.de> [122]. Загрузка моделей в виде регулярных сетей с заданной детальностью доступна в разделе «Regular grids», рисунок 3.125.

Данный сервис позволяет выбрать доступную модель, шаг сетки, метод ее интерполяции, исходный датум и границы области.

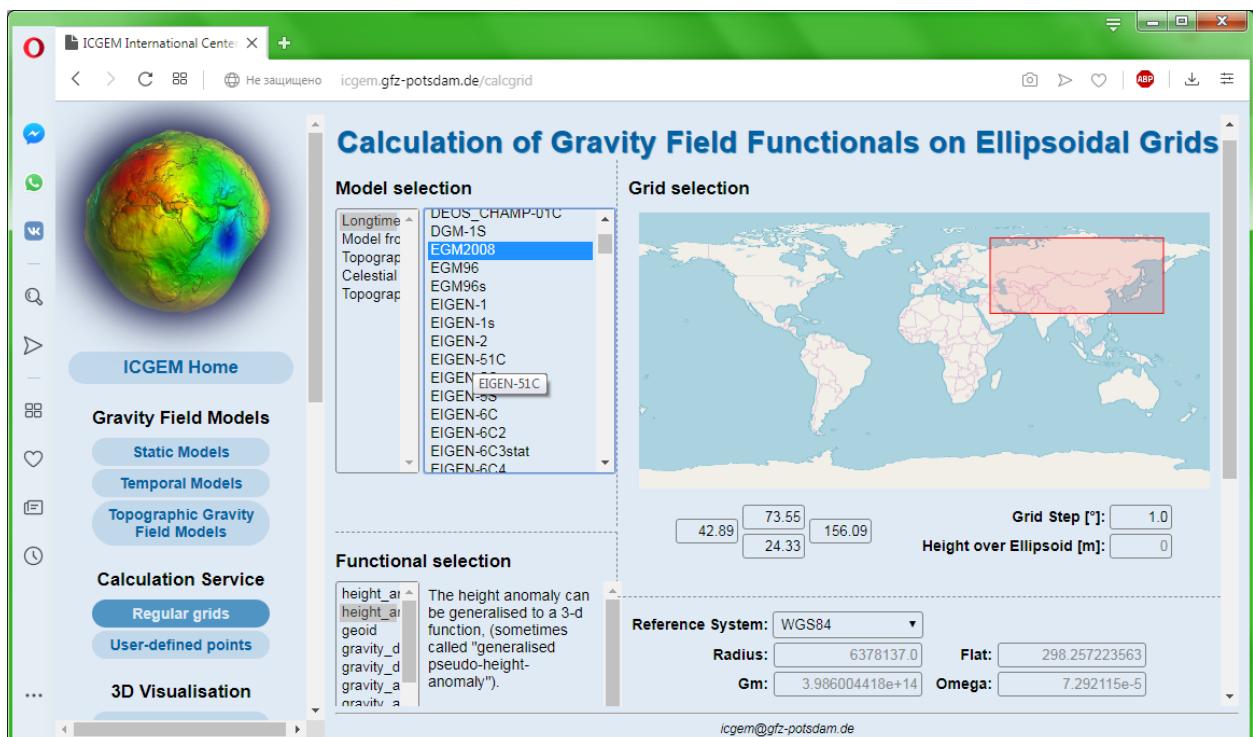


Рисунок 3.125 – Загрузка моделей геоидов с сервиса ICGEM

При использовании регулярных сеток, аномалии геоида вычисляются линейной интерполяцией внутри ячейки, в которую попадают широта и долгота переводимого пункта.

3.2.6.2 Управление системами координат программ RouteNav через GeoCalc

Редактирование систем координат.

Для перехода в режим редактирования систем координат необходимо кликнуть правой кнопкой мыши по списку систем координат или меню выбора датума и выбрать меню редактирования, рисунок 3.126.

Кроме того, данный режим может быть вызван из менеджера утилит или запуском Geo.exe с параметром «*-ed*» (без кавычек).

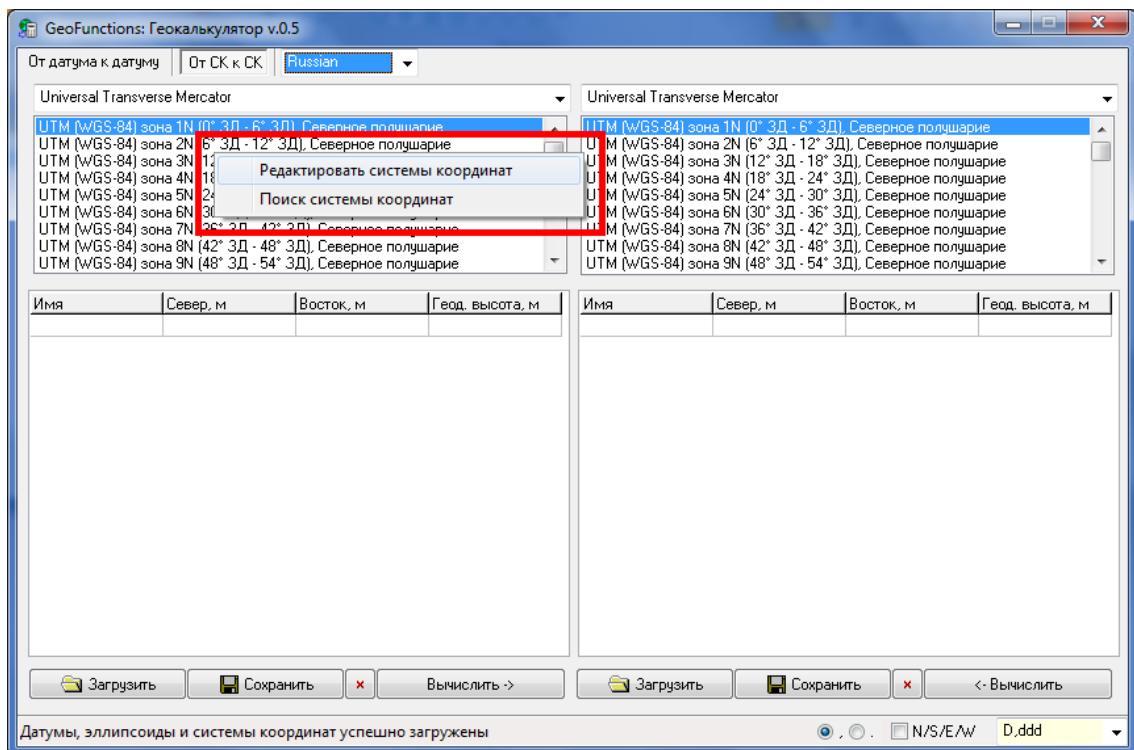


Рисунок 3.126 – Переход к меню редактирования систем координат

В RouteNav системы координат имеют три уровня, рисунок 3.127, модель геоида при этом задается и учитывается отдельно.

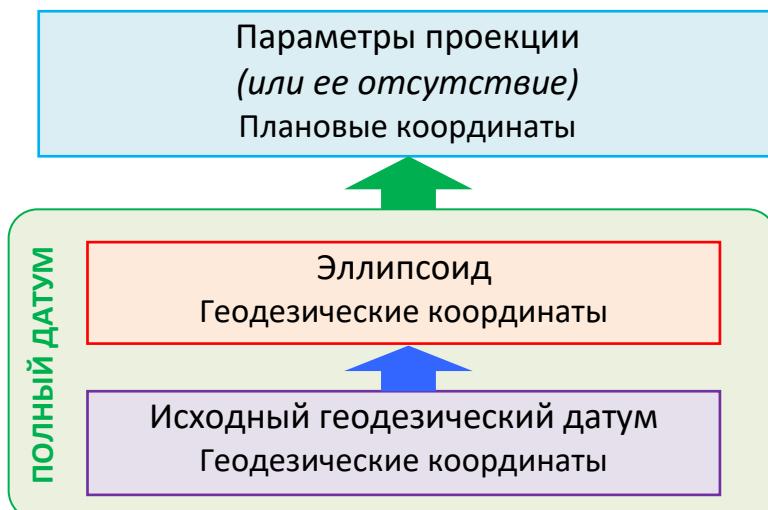


Рисунок 3.127 – Уровни редактирования СК

Верхний уровень – параметры проекции, редактируются в зависимости от выбранного метода проецирования, рисунок 3.128.

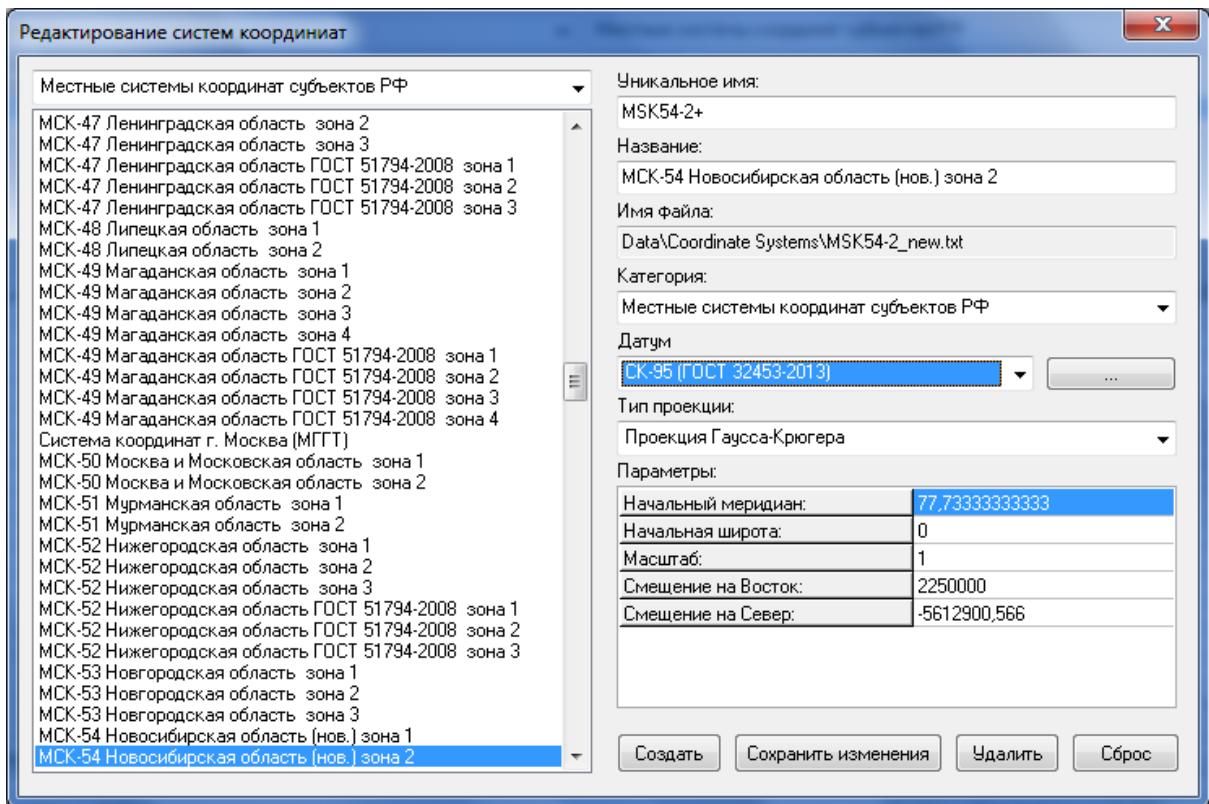


Рисунок 3.128 – Редактирование параметров СК

Если необходимо задать новую систему координат на основе существующего датума, необходимо задать ему уникальное имя и уникальное отображаемое название, выбрать исходный геодезический датум и метод проецирования (доступны проекции поперечная Меркатора и Гаусса-Крюгера) или отсутствие проекции (может быть выбран тип вывода систем координат ECEF или геодезические координаты – широта и долгота).

Для создания новой СК с введенными параметрами необходимо нажать кнопку «Создать». Если редактируется существующая система координат, то для сохранения изменений, необходимо нажать кнопку

«Сохранить изменения» или «Сброс», чтобы вернуть последние сохраненные настройки для выбранной системы координат.

Кнопка «Удалить» переместит файл выбранной СК в папку Utils\Data\Coordinate Systems\Deleted\ и уберет ее из списка.

Для перехода к редактированию датумов, необходимо нажать кнопку «...» напротив меню выбора датумов.

Окно редактирования датумов показано на рисунке 3.129.

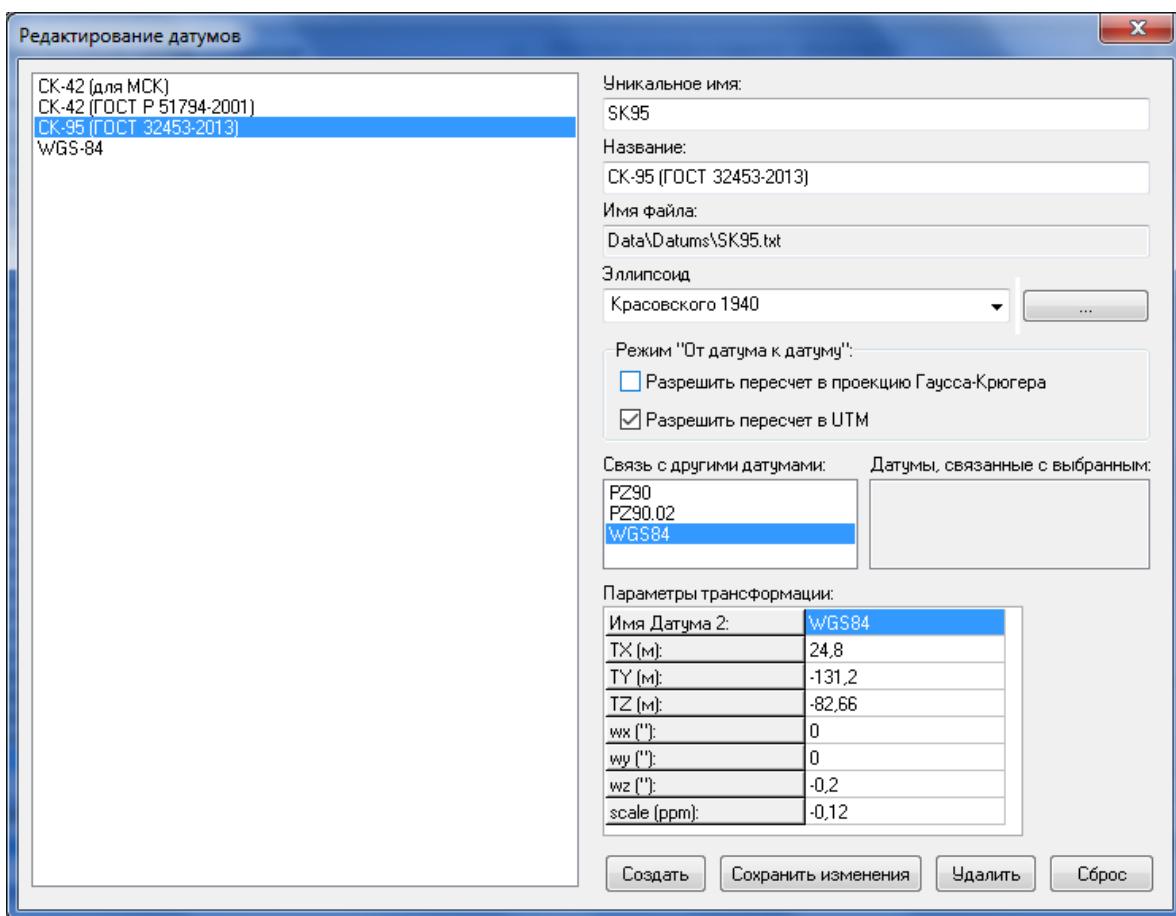


Рисунок 3.129 – Редактирование датумов

При создании датума необходимо задать ему уникальное имя и отображаемое название, а главное – его параметры связи с другими датумами и эллипсоидом, используемый по умолчанию.

При выполнении конвертации RouteNav автоматически строит необходимые цепочки пересчетов. Большинство вычислений в ГНСС-технологиях выполняется в WGS-84, поэтому необходимо, чтобы создаваемый датум был связан с ней непосредственно или опосредованно (через другие датумы).

Сохранение, создание, удаление и сброс в окне редактирования датума действуют аналогично редактированию систем координат по нажатию соответствующих кнопок.

Для редактирования эллипсоидов необходимо так же нажать кнопку «...» напротив меню выбора эллипсоидов, вызвав окно, показанное на рисунке 3.130.

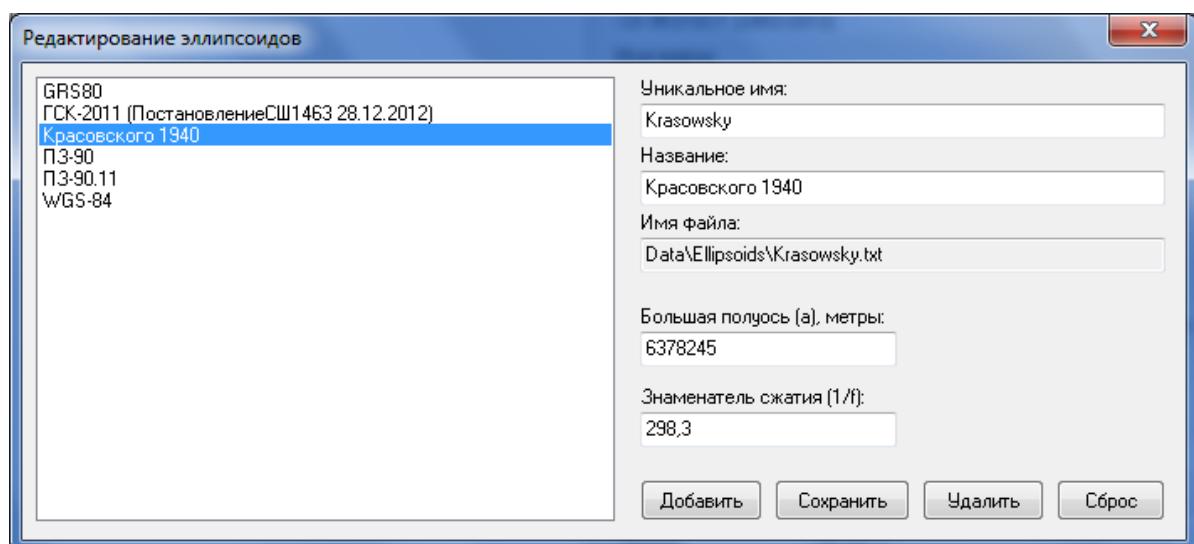


Рисунок 3.130 – Редактирование эллипсоидов

Выполнение 2D-локализации.

В геокалькуляторе также возможна локализация систем координат типа «План-схема» – возможность установление связи систем координат, заданных, например, триангуляцией, или уточнение параметров локальных систем координат с неизвестными ключами пересчета.

Для вызова инструмента локализации, в главном меню необходимо выбрать пункт: Инструменты > Локализация план-схемы, рисунок 3.131.

Настройка локализации предполагает наличие трех и более точек, известных в локализируемой системе координат и системе координат с известными параметрами геопривязки (например, WGS-84 или СК-42), причем исходная система координат может задаваться как в проекции, так и в виде геодезической широты и долготы (в этом случае будет автоматически создана промежуточная проекция в ближайшей шестиградусной зоне).

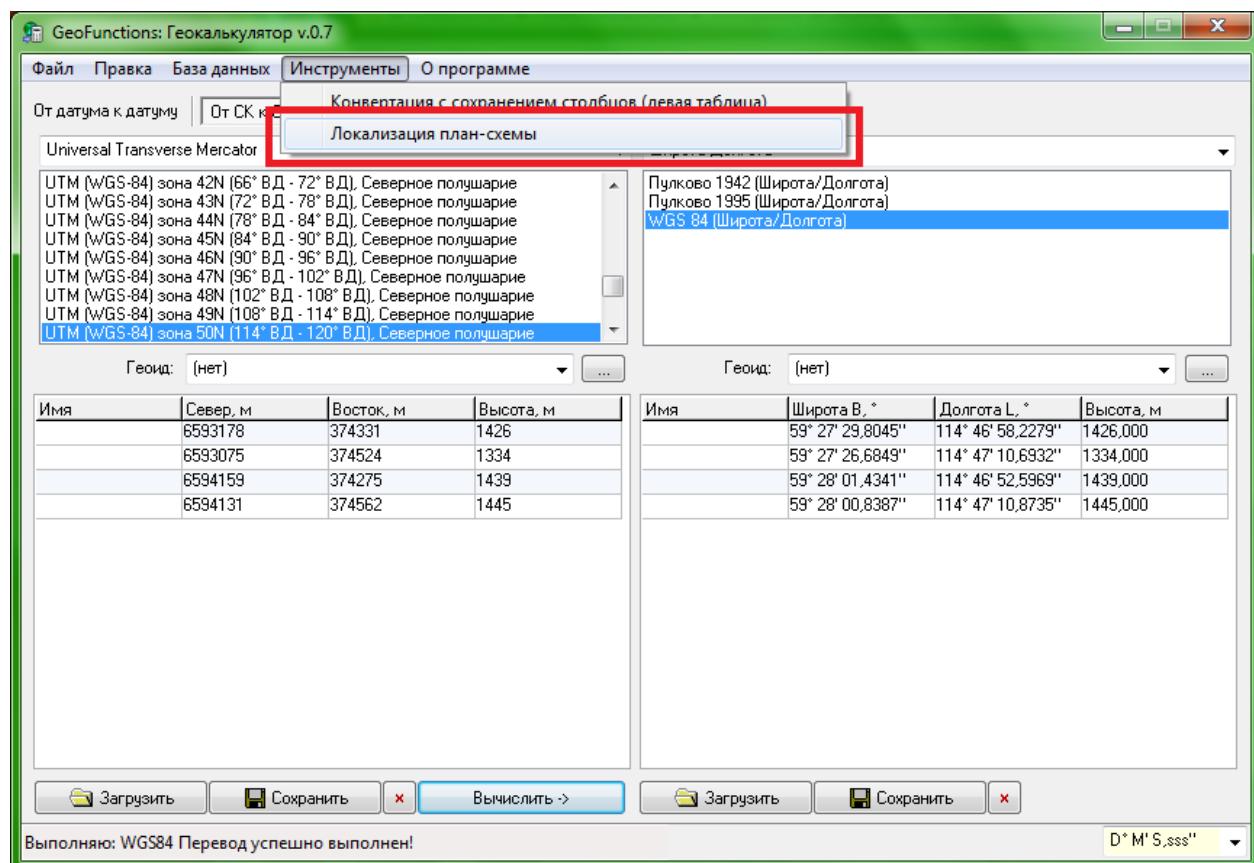


Рисунок 3.131 – Вызов окна «Локализация план-схемы» из главного меню
GeoCalculator

Исходная система координат должна быть выбрана в меню над левой таблицей. Важно помнить, что поперечная проекция Меркатора и Гаусса-

Крюгера имеют левую ориентацию осей. Поэтому для локализируемой системы координат также важно учесть ориентацию осей, выбрав подходящий вариант в меню над правой таблицей, рисунок 3.132.

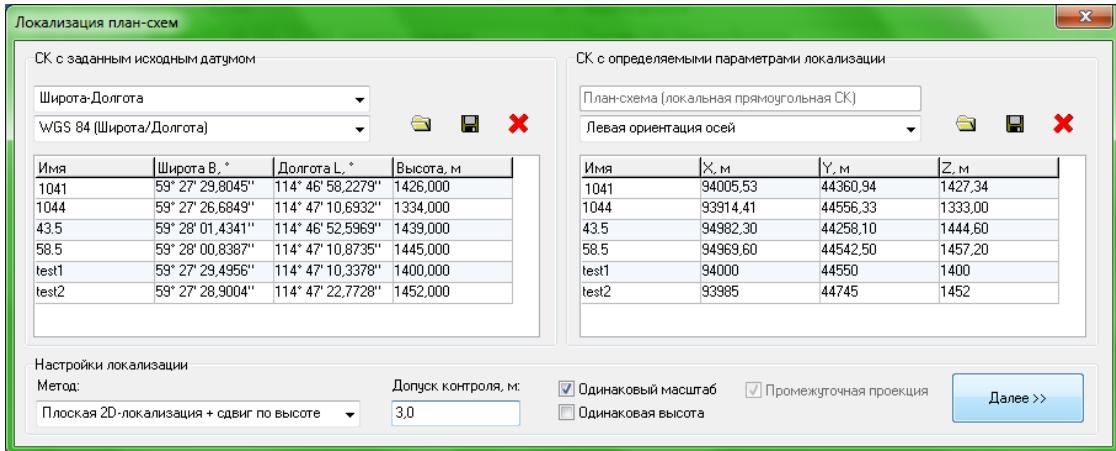


Рисунок 3.132 – Ввод данных для локализации

При локализации можно задать равный масштаб и общую систему высот, а также допуск контроля. Координаты точек загружаются в таблицы и должны иметь общие имена (совпадение порядка при этом не обязательно). Импорт координат в таблицы возможен как из текстовых форматов, так и из таблиц MS Excel (*.xls, *.xlsx). Введенные координаты и имена точек могут быть отредактированы прямо в таблицах.

После ввода необходимых данных и настроек необходимо перейти непосредственно к локализации нажатием кнопки «Далее». Окно расчета параметров локализации приведено на рисунке 3.133.

После вычисления параметров локализации выполняется расчет координат имеющихся точек по ним и оценивается их разность с исходными координатами. В зависимости от точности строки таблицы подсвечиваются: зеленым (в допуске), жёлтым ($\pm 10\%$ от величины допуска) или красным цветом (вне заданного допуска).

Вычислить параметры локализации

Вкл.	Имя	Широта В. *	Долгота L. *	Высота, м	X, м	Y, м	Z, м	dX	dY	dH
<input checked="" type="checkbox"/>	1041	59° 27' 29,8045"	14° 46' 58,2279"	1426,000	94005,53	44360,94	1427,34	-0,855	1,353	-1,683
<input checked="" type="checkbox"/>	1044	59° 27' 26,6849"	14° 47' 10,6932"	1334,000	93914,41	44556,33	1333,00	1,412	-1,089	-4,023
<input checked="" type="checkbox"/>	43.5	59° 28' 01,4341"	14° 46' 52,5969"	1439,000	94982,30	44258,10	1444,60	-1,143	2,679	2,577
<input checked="" type="checkbox"/>	58.5	59° 28' 00,8387"	14° 47' 10,8735"	1445,000	94969,60	44542,50	1457,20	0,010	-0,950	9,177
<input checked="" type="checkbox"/>	test1	59° 27' 29,4956"	14° 47' 10,3378"	1400,000	94000	44550	1400	0,142	-0,439	-3,023
<input checked="" type="checkbox"/>	test2	59° 27' 28,9004"	14° 47' 22,7728"	1452,000	93985	44745	1452	0,434	-1,553	-3,023

Итоговая погрешность, м:
dX: 0,841 dY: 1,511 dH: 4,622 По всем Вычислить изолированные погрешности Только вкл.

Рисунок 3.133 – Расчет параметров локализации

Точки, вносящие наибольшие погрешности в расчет параметров локализации могут быть исключены из выборки (флажок в графе «Вкл.» таблицы). Также, для более удобного поиска наиболее «грубых» точек, могут быть рассчитаны изолированные погрешности (параметры высчитываются по всем точкам, кроме контрольной, соответствующей строке таблицы). Эти погрешности будут отображаться в скобках рядом с основными, в случае если установлен флажок «Вычислить изолированные погрешности», рисунок 3.134.

Вычислить параметры локализации

Вкл.	Имя	Широта В. *	Долгота L. *	Высота, м	X, м	Y, м	Z, м	dX	dY	dH
<input checked="" type="checkbox"/>	1041	59° 27' 29,8045"	14° 46' 58,2279"	1426,000	94005,53	44360,94	1427,34	-0,931 (-2,139)	1,262 (2,811)	0,152 (0,190)
<input checked="" type="checkbox"/>	1044	59° 27' 26,6849"	14° 47' 10,6932"	1334,000	93914,41	44556,33	1333,00	1,451 (2,266)	-1,126 (0,506)	-2,188 (2,735)
<input checked="" type="checkbox"/>	43.5	59° 28' 01,4341"	14° 46' 52,5969"	1439,000	94982,30	44258,10	1444,60	-1,279 (-3,303)	2,020 (-3,307)	4,412 (5,515)
<input type="checkbox"/>	58.5	59° 28' 00,8387"	14° 47' 10,8735"	1445,000	94969,60	44542,50	1457,20	0,040	-1,600	11,012
<input checked="" type="checkbox"/>	test1	59° 27' 29,4956"	14° 47' 10,3378"	1400,000	94000	44550	1400	0,177 (0,625)	-0,526 (0,628)	-1,188 (-1,485)
<input checked="" type="checkbox"/>	test2	59° 27' 28,9004"	14° 47' 22,7728"	1452,000	93985	44745	1452	0,583 (2,550)	-1,631 (-0,638)	-1,188 (-1,485)

Итоговая погрешность, м:
dX: 0,998 dY: 1,406 dH: 2,328 По всем Вычислить изолированные погрешности Только вкл.

Рисунок 3.134 – Удаление точек из выборки с использованием значений изолированных ошибок

Полученные параметры должны быть сохранены нажатием кнопки «Сохранить параметры локализации». Окно сохранения позволит задать имя и ID новой системы координат. Сам файл сохранится в папке *Utils\Coordinate Systems* под именем *User_{номер}.txt*, где номер задается уникальным, чтобы не утратить существующие пользовательские системы. В этом же окне показаны полученные параметры локализации, рисунок 3.135.

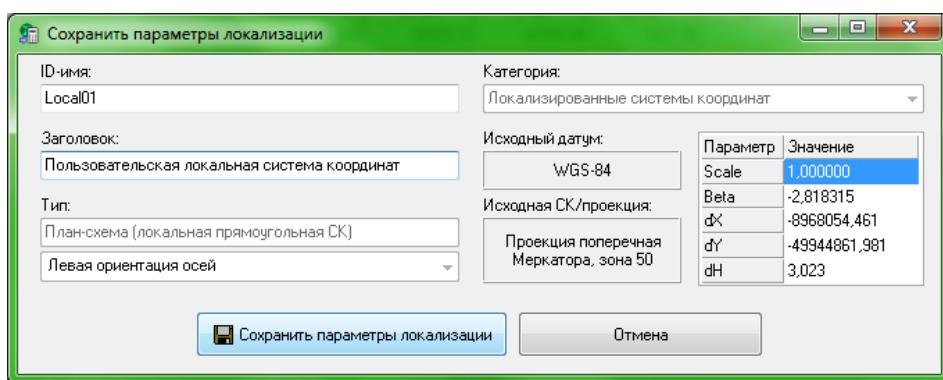


Рисунок 3.135 – Окно сохранения локализированной системы координат

Полученная система координат будет доступна в геокалькуляторе, рисунок 3.136.

Кроме того, эти системы координат будут доступны и в других подпрограммах RouteNav (как в самой программе, так и в редакторе маршрутов). В RouteNav возможен импорт маршрутов из локализированных систем координат. Редактор маршрутов RouteEditor позволяет не только импортировать маршруты и маркеры, заданные в таких системах координат, но и выполнять полноценный ввод и вывод новых данных в них, рисунок 3.137.

В дальнейшем программа будет дополнена более сложными методами локализации с поддержкой косоугольных проекций, трехмерного преобразования и пр.

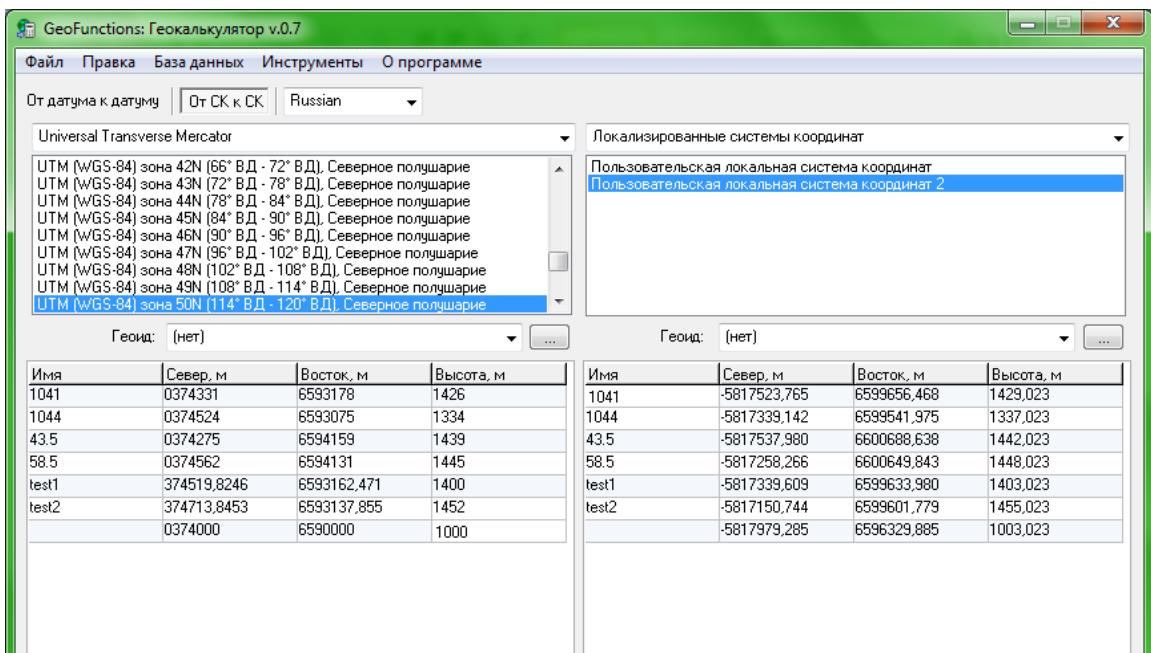


Рисунок 3.136 – Использование локализированной системы координат в геокалькуляторе

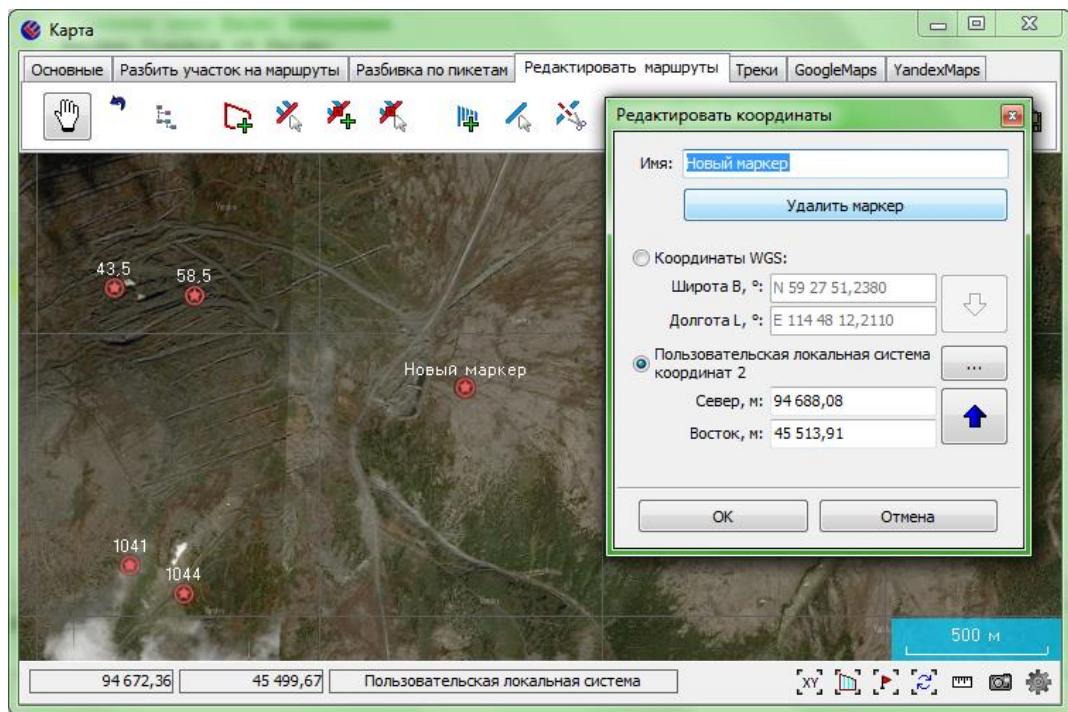


Рисунок 3.137 – Работа в локализированной системе координат в RouteEditor

3.3 Выполнение полета. Навигационное сопровождение съемки

3.3.1 Предполетная подготовка навигационного комплекса. Монтаж аппаратуры навигационного комплекса на борту летательного аппарата

Непосредственно перед выполнением съемки необходимо выполнить монтаж навигационной аппаратуры на борту летательного аппарата.

При установке аппаратуры на борту необходимо обеспечить выполнение следующих условий:

- антenna ГНСС приемника должна быть установлена с обеспечением максимально возможной видимости спутников (по возможности – при наличии хорошо экранированного кабеля USB необходимой длины – в кабине пилотов). В случае если antennу невозможно установить в кабине пилотов, она может быть размещена возле оператора в непосредственной близости к иллюминатору. Такая установка менее предпочтительна, однако может выполняться в случае зашумления сигнала, передаваемого ГНСС-приемником;
- экран в кабине пилотов должен быть обеспечивать удобство его использования, например, как на рисунке 3.138, и может быть укомплектован солнцезащитным козырьком;
- портативный ПК оператора должен находиться под его контролем (в случае, если он не совмещен с ПК операторской стойки).



Рисунок 3.138 – Пример установки выносного экрана в кабине пилотов (вверху) и портативный ПК оператора внутри салона фюзеляжа (внизу)

Кроме того, перед выполнением полета необходимо убедиться, что драйвера устройств навигационного комплекса (GPS/ГНСС-приемника, средств связи с высотомерами и пр.) установлены правильно, а сами устройства обнаруживаются системой.

Для этого необходимо подключить устройства и проверить их наличие в Диспетчере устройств (Панель управления/Настройки Windows), рисунок 3.139.

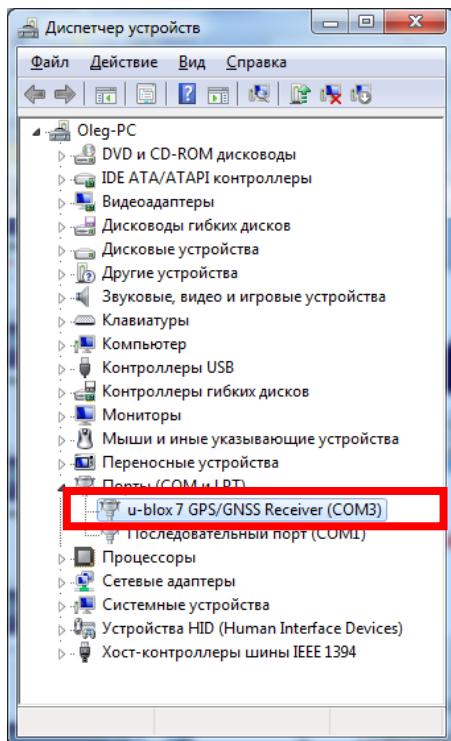


Рисунок 3.139 – ГНСС-приемник uBlox в диспетчере задач Windows

Перед выполнением полета необходимо выполнить предварительный запуск НК и проконтролировать его функциональность.

3.3.2 Описание интерфейса окна программы в полете

3.3.2.1 Рабочее окно RouteNav

Главное окно программы RouteNav содержит карту-схему, панель кнопок-индикаторов и дополнительные панели датчиков, рисунок 3.140.

Основная информация содержится на карте-схеме. Кнопки-индикаторы интерактивны, и позволяют не только контролировать и изменять отдельные параметры полета, но и выполнять их настройку. Дополнительные датчики, выводимые поверх карты-схемы, не интерактивны.

Дополнительные датчики

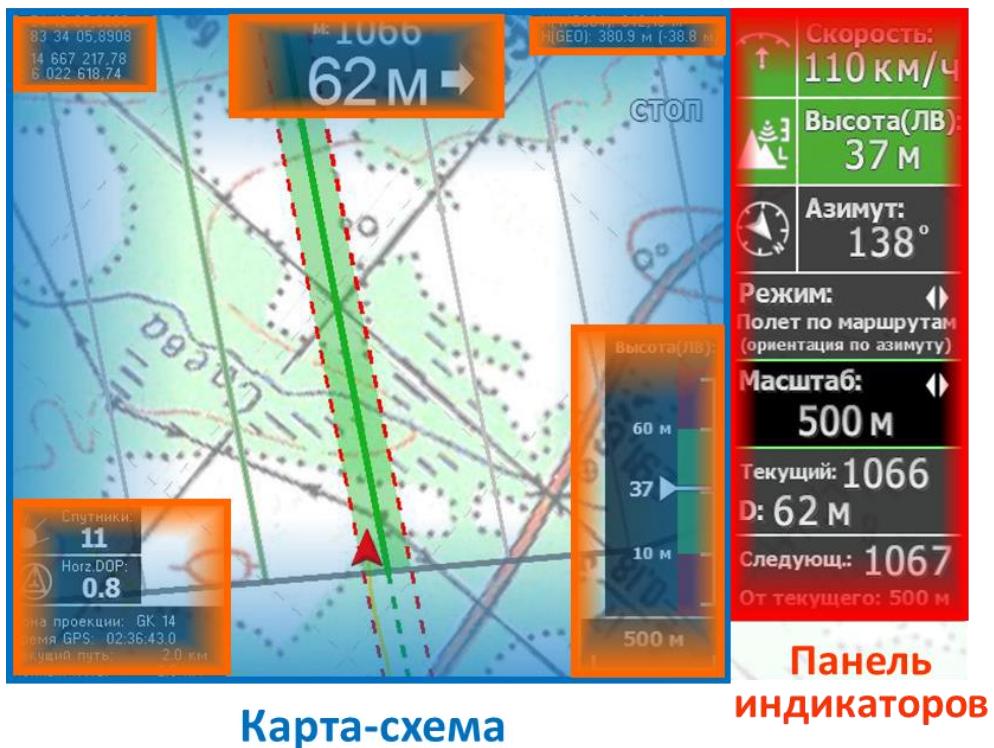


Рисунок 3.140 – Интерфейс рабочего окна навигационной программы RouteNav

3.3.2.2 Карта-схема

Карта-схема строится в заданной в настройках прямоугольной системе координат. На ней отображается текущее положение летательного аппарата, пройденная траектория, маршруты, положение точки базы, маркеры и растровая подложка (при ее наличии).

На панели меню располагаются необходимые индикаторы. Там же выводятся возможные варианты действия при диалоге программы с оператором. Поверх карты-схемы могут отображаться дополнительные индикаторы.

Карта-схема служит для отображения необходимой информации условными знаками и линиями в заданном масштабе. Пример карты-схемы с описанием отображенных на ней объектов приведен на рисунке 3.141.

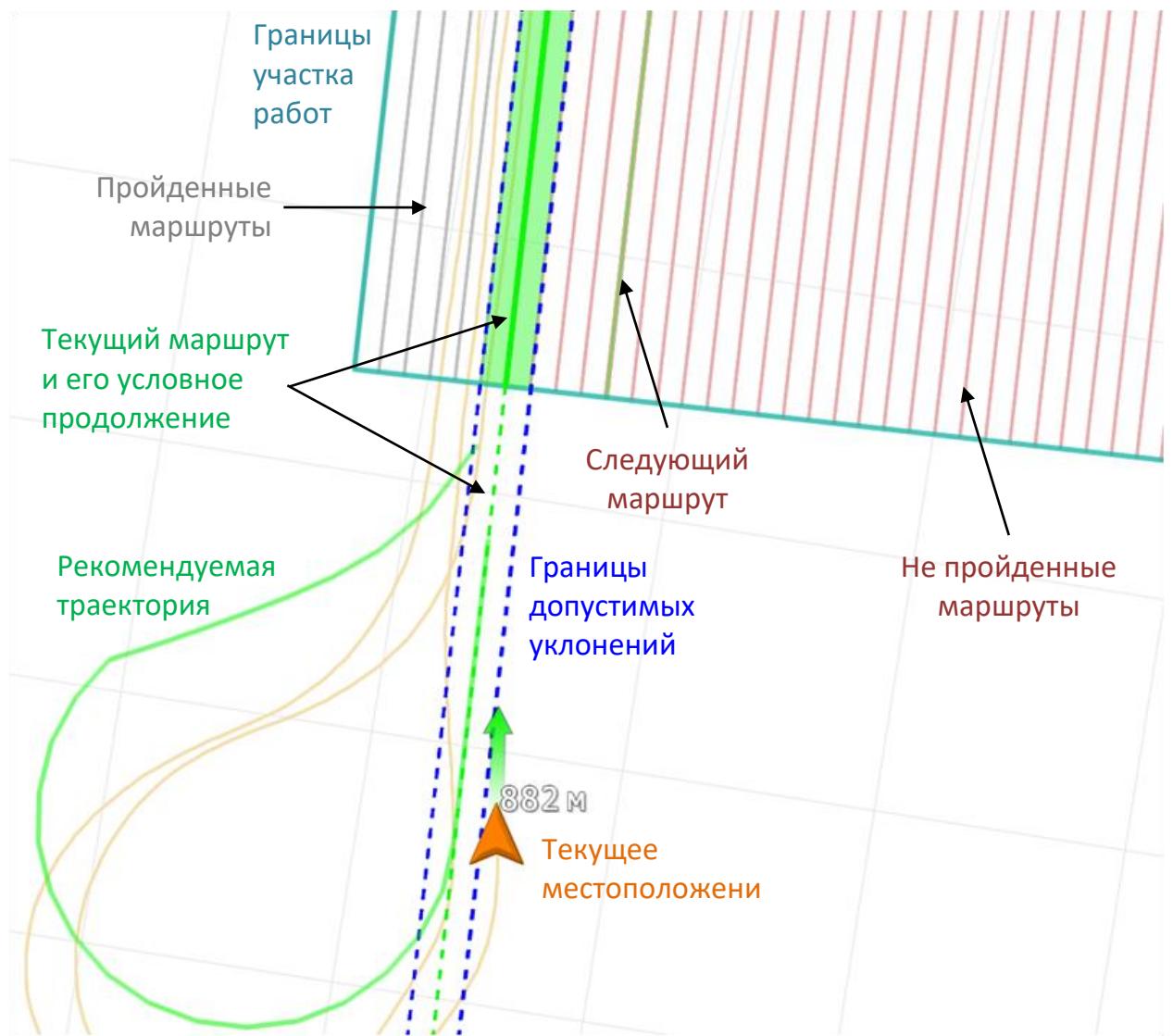


Рисунок 3.141 – Объекты, отображаемые на карте-схеме

Цвета всех объектов карты-схемы могут быть заданы произвольно. Типы объектов, отображаемых на карте-схеме, приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Описание условных знаков карты-схемы

Условный знак	Описание условного знака	Тип объекта
	Треугольный курсор, угол поворота соответствует азимуту	Текущее местоположение и направление
	Пунсон в виде «флажка»	Место базирования (задается в настройках или автоматически)
	Пунсон в форме пятиконечной звезды (может иметь подпись с названием)	Маркер (метки пользователя)
	Круглый пунсон (может иметь подпись с названием)	Маршрут-точка (цвет соответствует статусу)
	Непрерывная линия средней толщины (цвет соответствует настройке для траектории)	Траектория полета
	Круглые пунсоны, соединенные тонкой пунктирной линией (цвет соответствует настройке для траектории)	«Разрывы» траектории (образуются при сбоях ГНСС-приемника или срывах связи с ним)
	Линия средней толщины, цвет соответствует настройке для не пройденных маршрутов	Не пройденный маршрут
	Линия средней толщины, цвет соответствует настройке для пройденных маршрутов	Пройденный маршрут
	Жирная линия, контур соответствует цвету не пройденного маршрута, а внутренняя линия – активного	Следующий маршрут
	Жирная полупрозрачная линия, настройка цвета соответствует цвету категории «выбираемый/база/контур»	Границы участка работ
	Пунктирная линия средней толщины, цвет соответствует границам уклонений	Границы (пределы) допустимых уклонений
	Жирная линия, цвет соответствует настройке для активного маршрута	Текущий (выдерживаемый) маршрут
	Пунктирная линия, цвет соответствует настройке для активного маршрута	Условное продолжение текущего маршрута
	Полупрозрачная жирная линия, цвет соответствует настройке для активного маршрута	Рекомендуемая траектория захода на текущий маршрут
	Полупрозрачная область между пределами допустимых уклонений, цвет соответствует настройке для активного маршрута	Коридор допустимых отклонений (если данная опция включена)

При удалении от маршрута большем, чем на 256 пикселей в масштабе экрана, в режиме следования по маршрутам отображается стрелка, указывающая направление на начало маршрута (при заходе на маршрут) или направление на точку проекции к нему по нормали от текущего положения ЛА (в процессе выдерживания маршрута) с указанием расстояния. Цвет такой стрелки соответствует цвету, выбранному для активного маршрута, рисунок 3.142.

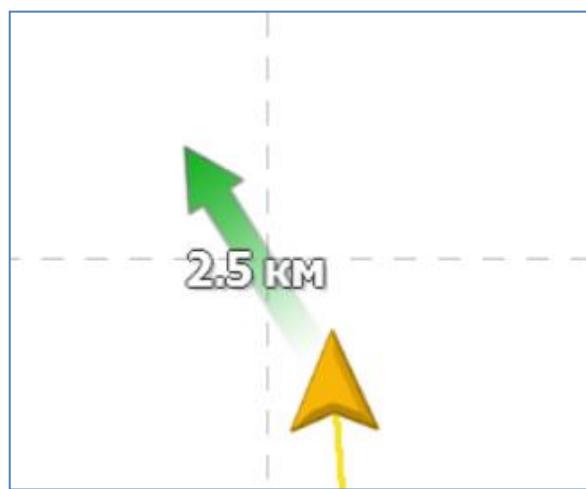


Рисунок 3.142 – Пример стрелки направления

При завершении маршрута или по команде, также может отображаться направление на следующий маршрут (цвет стрелки будет соответствовать выбранному в настройках для неё пройденных маршрутов). Соответствующие направления также отображаются в режимах следования к ближайшему маршруту и при возвращении на базу (цвет стрелки так же будет соответствовать типу объекта, на который она указывает).

Также, вместо стрелки может выводиться направление «точного наведения», рисунок 3.143.

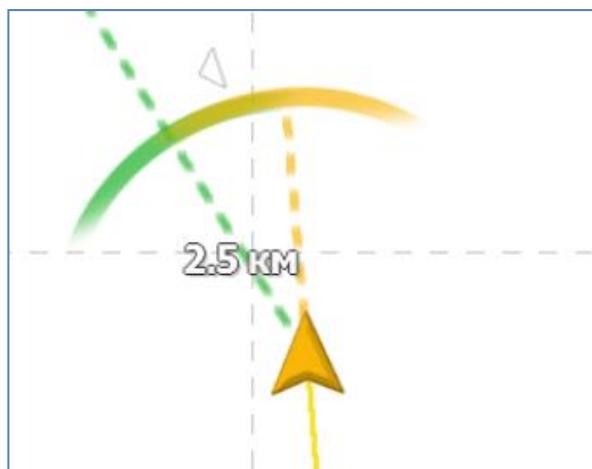


Рисунок 3.143 – Режимы отображения направления «точным наведением»

При необходимости повторного захода на маршрут, линия заданного маршрута подсвечивается пунктиром, а в верхней части рабочей области отображается соответствующее оповещение, рисунок 3.144.

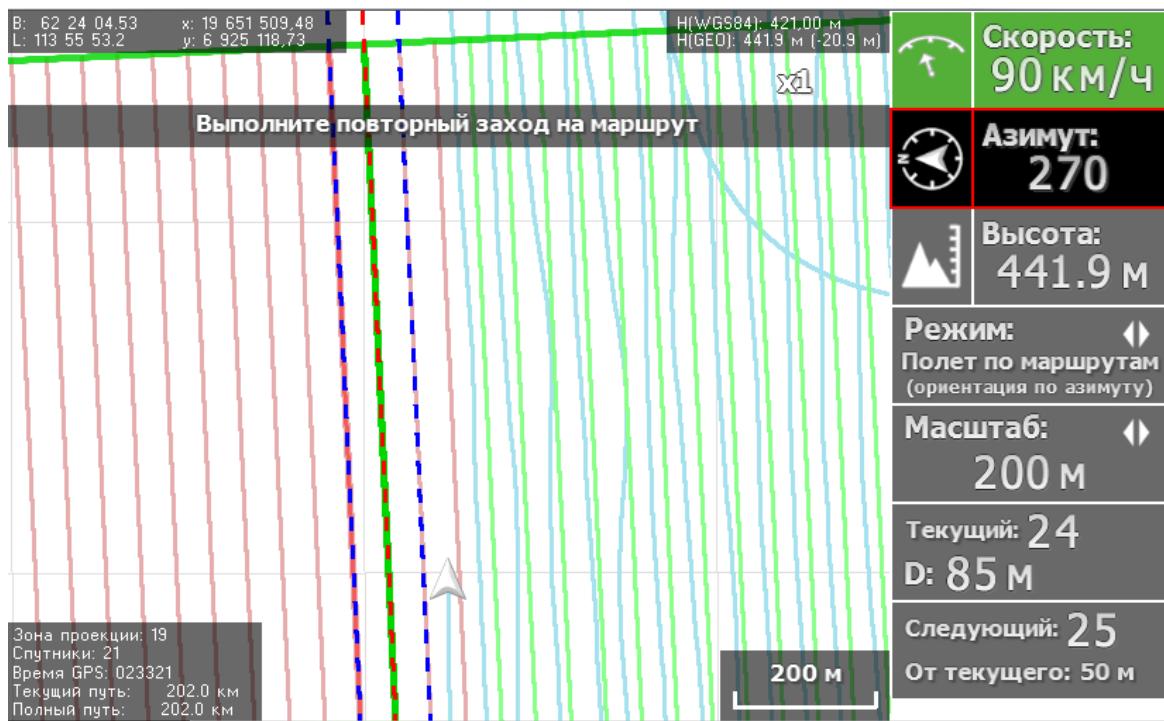


Рисунок 3.144 – Отображение маршрута при необходимости повторного захода на него

Кроме того, в качестве подложки на карте-схеме может отображаться растровое изображение (карта, аэро- или космический снимок).

Во всех режимах пилотирования, кроме обзора карты, карта-схема не интерактивна. В режиме «обзор карты» при нажатии правой кнопки мыши появляется контекстное меню, позволяющее добавить маркер, перенести точку старта в текущую позицию курсора или удалить маркер, если нажатие пришлось на существующий маркер.

Кроме того, в режиме обзора карта-схема может быть перемещена при зажатой левой кнопке мыши или нажатии клавиш управления.

3.3.2.3 Панель индикаторов

Главные индикаторы

Все меню программы состоят из кнопок-индикаторов. Большую часть полетного времени панель меню показывает датчики (основное меню). В зависимости от настроек, индикаторы могут иметь полный и сокращенный вид, рисунок 3.145.

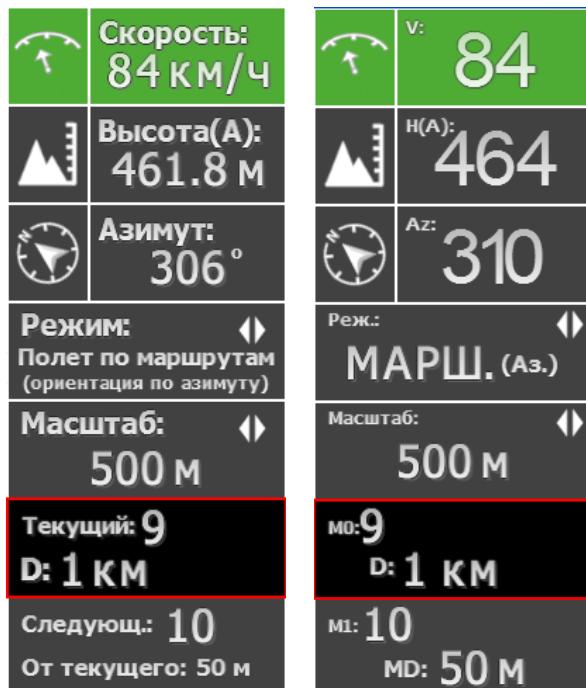


Рисунок 3.145 – Полный (слева) и сокращенный (справа) вид датчиков

Кроме того, при настроенном автоматическом режиме, добавляется дополнительный индикатор, при включении которого заблокируется смена масштаба и режима, рисунок 3.146.

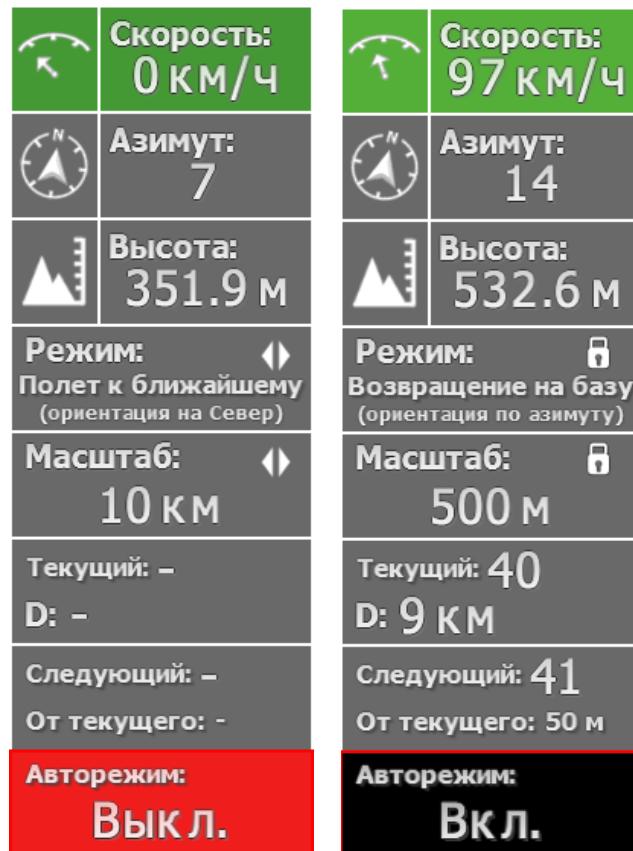


Рисунок 3.146 – Внешний вид панели меню в режиме индикации при выключенном (слева) и при включенном автоворыбore режима (справа)

Часть индикаторов интерактивна. Выбор кнопок осуществляется курсором мыши, клавишами вверх и вниз и соответствующими кнопками джойстика.

При выключенном автоматическом выборе режима, может быть изменен режим полета и масштаб. Взаимодействие с указанными индикаторами может осуществляться двумя способами – открытием списка (клавиша Enter или соответствующая кнопка джойстика) и сменой

по порядку (клавиши со стрелками влево и вправо или соответствующие кнопки джойстика, а также левая кнопка мыши).

Интерактивны также кнопки-индикаторы с номерами текущего и следующего маршрутов. Кроме того, в случае, если настроен автоматический режим, присутствует дополнительная кнопка-индикатор, включающая и выключающая его (чтобы позволить оператору самостоятельно изменять режим полета и масштаб).

В автоматическом режиме смены режима пилотирования также имеется возможность изменения масштаба вручную. Для этого необходимо войти в меню масштаба (кликнуть мышью, клавишей Enter или кнопкой джойстика), и кнопка-индикатор станет доступной (иконка разомкнутого замка) до выбора другого пункта меню, рисунок 3.147. Масштаб сохранится для данной ситуации.

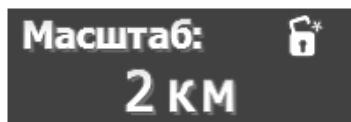


Рисунок 3.147 – Разблокировка масштаба в автоматическом режиме

Начиная с версии 2.0, индикатор текущего маршрута отображает не только расстояние до него, но и текущий прогресс прохождения, рисунок 3.148.

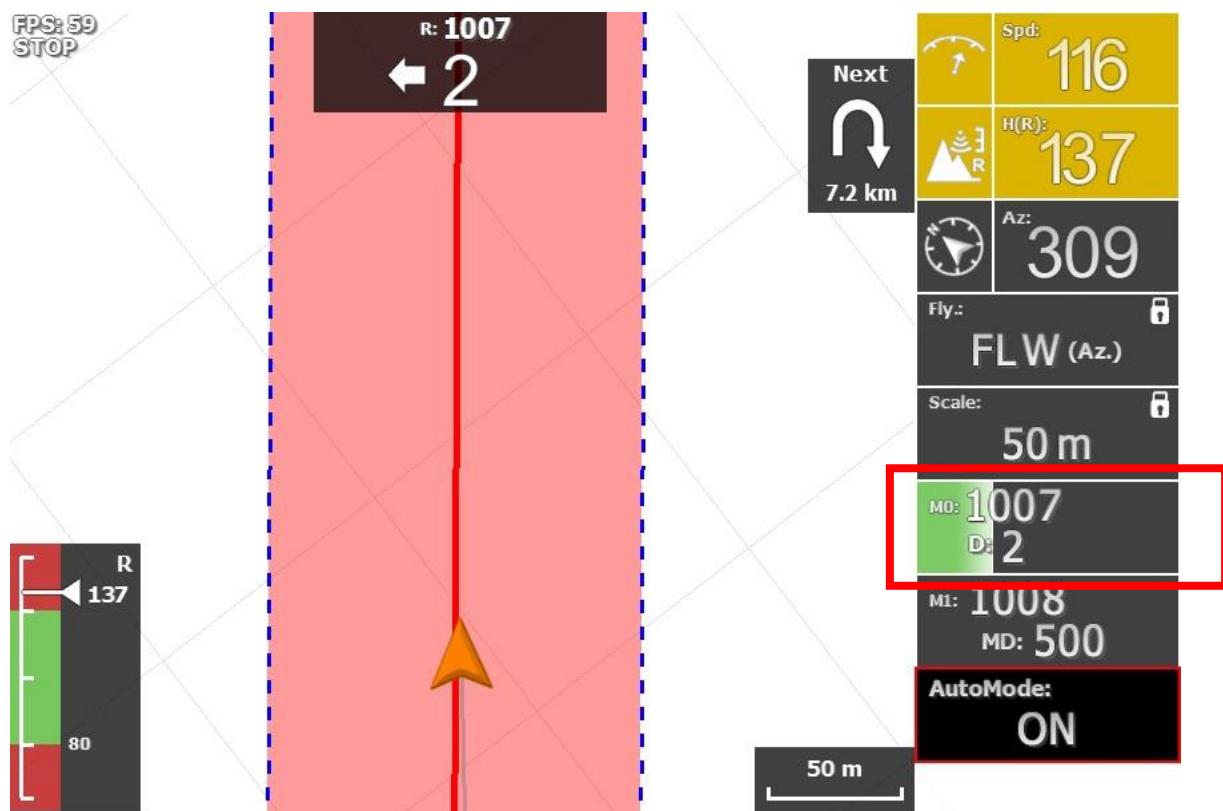


Рисунок 3.148 – Отображение прогресса прохождения маршрута на панели индикаторов для текущего маршрута

В случае если маршрут начал не сначала, на индикаторе появится соответствующий пропуск, рисунок 3.149.



Рисунок 3.149 – Индикация прохождения маршрута, начатого не с начала

В случае превышения допусков выдерживания маршрута индикатор будет подсвечен анимированным красным сиянием, рисунок 3.150.

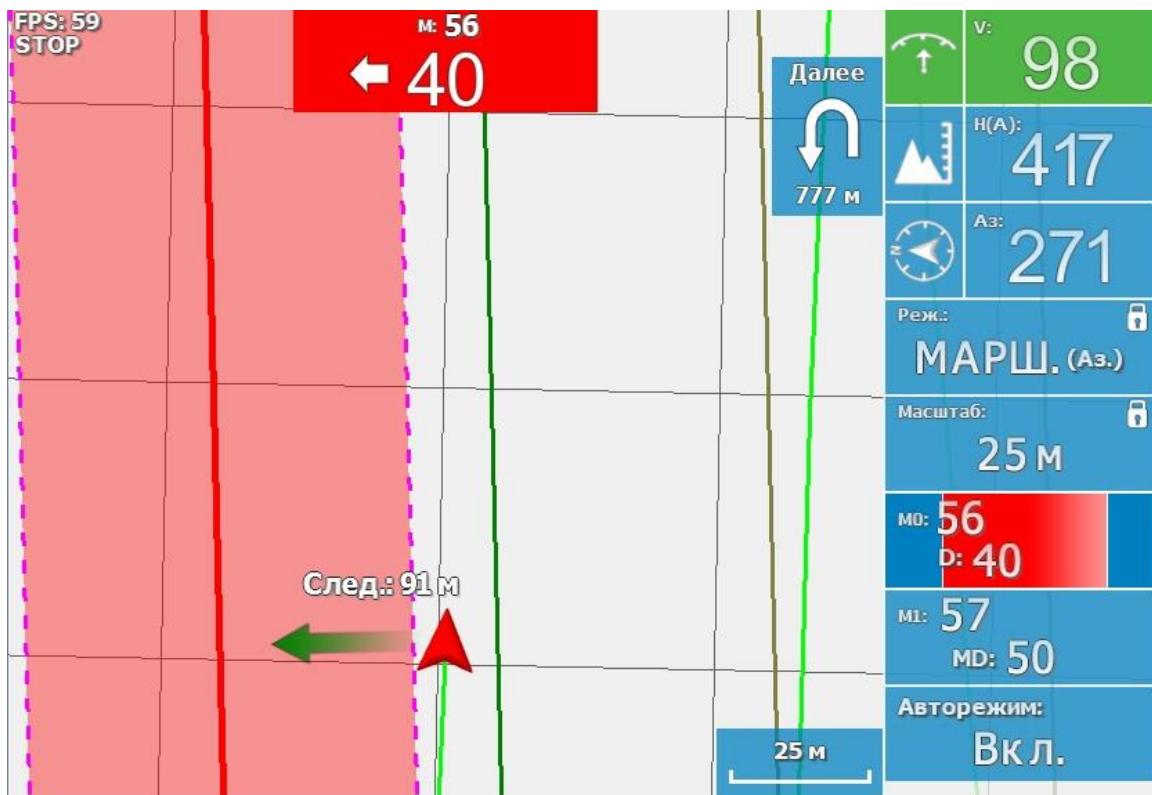


Рисунок 3.150 – Подсветка превышения уклонений на кнопке-индикаторе текущего маршрута

Если маршрут проходится повторно, отображается также и предыдущий прогресс (последнее прохождение).

Меню выбора текущего/следующего маршрута.

При взаимодействии с кнопками-индикаторами «Текущий маршрут» и «следующий маршрут» на панель меню выводится список маршрутов, рисунок 3.151.

В списке выделяются пройденные маршруты (зеленый или оранжевый цвет), текущий маршрут (красный) и не пройденные маршруты (основной цвет меню). Также можно увидеть частично пройденные маршруты.

Как и на основном индикаторе, при многократном прохождении, предыдущий прогресс также отображается, рисунок 3.152.

Маршрут 1	Статус: пройден (грубо)	1	грубо
Маршрут 2	Статус: пройден (грубо)	2	грубо
Маршрут 3	Статус: пройден (Ок)	3	ОК
Маршрут 4	Статус: пройден (Ок)	4	ОК
Маршрут 5	Статус: пройден (Ок)	5	ОК
Маршрут 6	Статус: текущий	6	текущий
Маршрут 7	Статус: не пройден	7	не пройд.
Маршрут 8	Статус: не пройден	8	не пройд.
Маршрут 9	Статус: не пройден	9	не пройд.

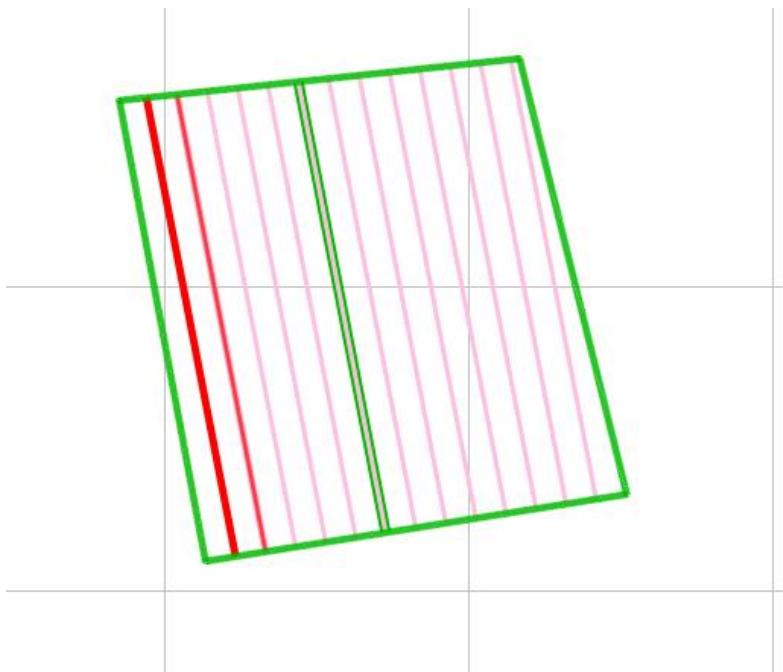
Рисунок 3.151 – Список маршрутов (полный и сокращенный вид)

4	OK
5	OK
6	грубо

Рисунок 3.152 – Отображение прогресса при повторном прохождении

При выделении маршрута в списке, он также выделяется каймой на карте, рисунок 3.153.

Выбор маршрута осуществляется левой кнопкой мыши, клавишей Enter или соответствующей кнопкой джойстика. В случае если маршрут уже пройден, программа выведет диалоговое меню с запросом подтвердить или опровергнуть решение о повторном перелете. В этом случае статус прохождения маршрута изменится на «не пройден».



1002	текущий
1003	не пройд.
1004	не пройд.
1005	не пройд.
1006	не пройд.
1007	не пройд.
1008	не пройд.
1009	не пройд.
1010	не пройд.
1011	не пройд.
1012	не пройд.

Рисунок 3.153 – Выделенный маршрут в списке и на карте-схеме

Нажатием клавиши Esc, правой кнопки мыши или кнопки джойстика, назначенной на команду «отмена», можно выйти из меню, не выбирая маршрут.

Кроме того, маршрут может быть помечен неактивным (клавишей «вправо» на выбранном меню, соответствующей кнопкой джойстика или движением мыши с зажатой левой кнопкой слева направо). В этом случае, напротив названия маршрута появится иконка с надписью «OFF», а сам маршрут не будет отображаться на карте-схеме и добавляться в порядок прохождения, рисунок 3.154.

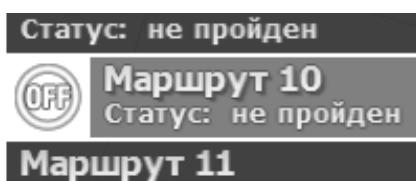


Рисунок 3.154 – Неактивный (скрытый) маршрут

Сделать маршрут вновь активным можно клавишей «влево», соответствующей кнопкой джойстика или движением мыши с зажатой левой кнопкой на выбранном пункте меню справа налево.

При наличии измерений высотомеров, для пройденных маршрутов оценивается прохождение высот. В случае большой доли брака (более 20%), отображается предупреждение с указанием процента в виде специального знака, рисунок 3.155.



Рисунок 3.155 – Маршруты, пройденные с браком по высоте над земной поверхностью с % отбраковки

Пределы выдерживания высот устанавливаются в дополнительных настройках.

Меню выбора режима и масштаба.

Режим и масштаб можно выбирать пролистыванием (клавиши со стрелками влево и вправо, соответствующие кнопки джойстика) или открытием списка (по аналогии с маршрутами). В режиме списка будет предоставлен полный перечень доступных режимов и масштабов. Масштаб указывается в метрах на 100 пикселей экрана.

3.3.2.4 Дополнительные датчики

Состав панелей дополнительных датчиков.

В программе имеется несколько опциональных элементов индикации: панели дополнительной информации, выдерживания текущего маршрута и высоты полета, масштабную линейку и панель быстрого меню. Данные индикаторы располагаются по краям рабочей области, а не на панели индикаторов, рисунок 3.156.



Рисунок 3.156 – Дополнительные датчики, выводимые поверх карты-схемы

Указанные датчики могут быть показаны или скрыты в соответствии с настройками проекта полета (см. п. п. 3.2.2.1).

Масштабная линейка.

В нижнем правом углу экрана может отображаться панель масштабной линейки, позволяющая контролировать выбранный масштаб карты-схемы.

Панели выдерживания маршрута (уклонений).

В верхней части рабочего экрана по центру и справа имеются две панели контроля текущего маршрута – величины боковых уклонений (с рекомендуемым направлением коррекции траектории полета в виде стрелки) и оставшегося расстояния до следующего маневра. Следующий маневр может отображаться как в виде прямой стрелки, так и направления разворота, в зависимости от ближайшей точки следующего маршрута относительно конца текущего.

Панели дополнительной информации.

Дополнительная информация выводится на три панели, две из которых располагаются в верхней части карты-схемы с левого и правого края, а третья – в нижнем левом углу.

Верхние панели содержат информацию о текущих координатах и абсолютных высотах, поступающих с ГНСС-приемника. Нижняя панель, в зависимости от настроек размеров датчиков может выводить как подробную информацию (включающую в себя количество спутников, геометрический фактор PDOP, пройденное расстояние, текущее время UTC, текущая проекция вывода карты-схемы), так и иметь увеличенный краткий вид (только количество принимаемых спутников и геометрический фактор PDOP).

В зависимости от настроек вывода дополнительной информации, могут выводиться как все три панели, так и отдельно третья (нижняя). Вывод всех трех панелей также может быть выключен.

Панель быстрых настроек (быстрого меню).

Начиная с версии 1.6, в программе имеется дополнительная разворачиваемая панель, позволяющая изменять некоторые настройки, не выходя при этом в окно настроек.

Внешний вид окна программы с развернутой панелью быстрых настроек показан на рисунке 3.157.

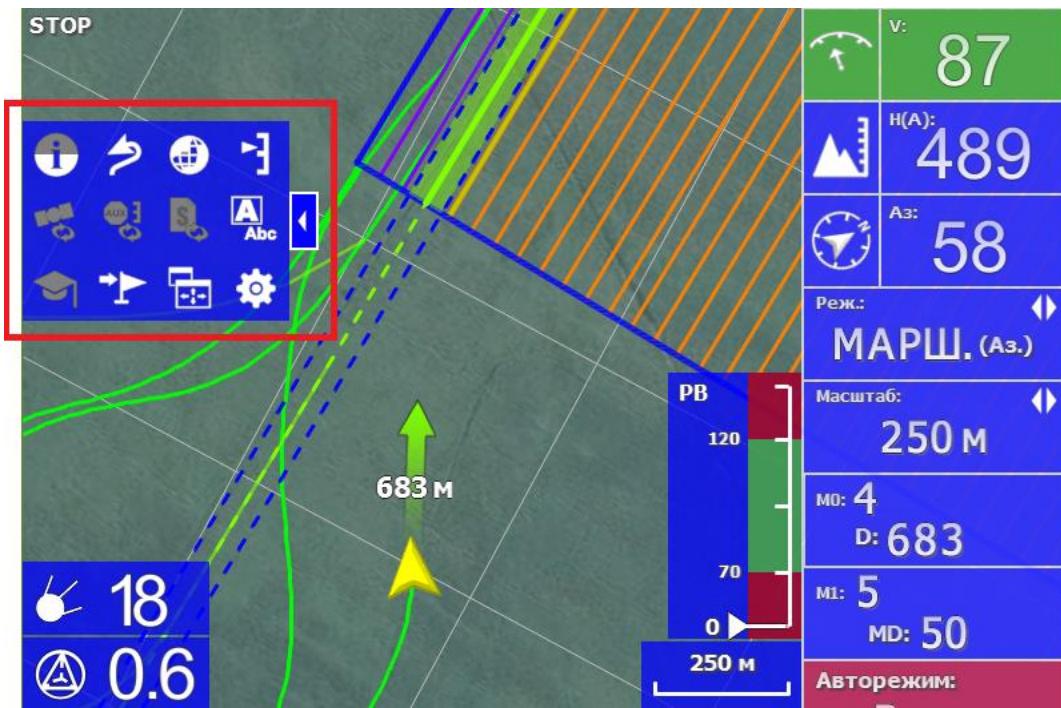


Рисунок 3.157 – Панель быстрых настроек

Панель «быстрые настройки» содержит кнопки, выполняющие следующие функции:



– показать полностью, частично или скрыть панели дополнительной информации (координаты, количество спутников, геометрический фактор);



– вывести всю траекторию/не более 1000 точек/ скрыть траекторию (индикатор примет вид, соответствующий выбранной настройке);



– показать/скрыть растровые подложки (космоснимки, карты и пр.);



– показать/скрыть панель выдерживания высоты полета;



– повторное подключение к ГНСС-приемнику;



– повторное подключение к высотомерам;



– перезапустить скрипт (при наличии);



– крупные/подробные датчики;



– учебный режим (генерация учебных маршрутов);



– быстрая смена режима пилотирования: вернуться на

базу/лететь на участок работ;



– оконный/полноэкранный режим;



– вызвать настройки программы.



В свернутом виде панель представляет собой кнопку с левой стороны экрана. Для развертывания панели необходимо выбрать данную кнопку с помощью мыши или кнопок джойстика (вверх или влево от кнопки-индикатора высоты). Сворачивание панели осуществляется посредством этой же кнопки или командой отмены (соответствующая кнопка джойстика или клик на любом месте рабочего окна вне панели).

Указанное меню может быть включено/отключено в настройках. Также скрыть или показать панель быстрых настроек можно нажатием кнопкой ввода по индикатору скорости.

Шкала высоты.

Для выдерживания высоты над земной поверхностью по показаниям высотомера, был разработан специальный элемент интерфейса – индикатор «шкала высоты».

Шкала высоты представляет собой вертикальную линию, на которой отмечены предельные высоты пилотирования для лазерного или радиовысотомера, задаваемые в дополнительных настройках. На этой же шкале указывается текущая высота полета над земной поверхностью, рисунок 3.158.

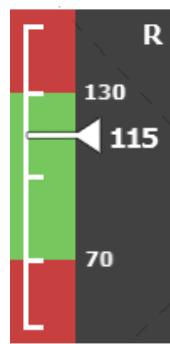


Рисунок 3.158 – Шкала высоты

Шкала может находиться в левом или правом нижнем углу карты-схемы (в зависимости от загруженности экрана дополнительной информацией). Выводимая высота (в зависимости от настроек) может изменяться дискретно (обновляться при получении новой величины) или плавно (стремиться к необходимой величине).

3.3.2.5 Инструмент «Линейка»

В режиме обзора карты доступен инструмент измерения расстояний «Линейка», рисунок 3.159.

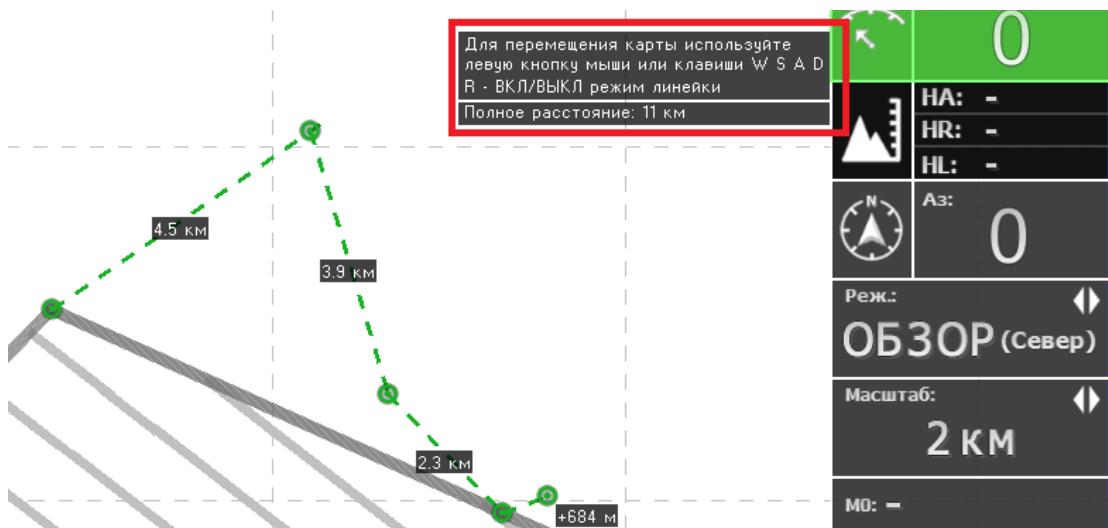


Рисунок 3.159 – Инструмент «Линейка» в RouteNav

На рисунке красной рамкой выделена информационная панель, отображающая информацию о суммарном расстоянии для всех измеряемых отрезков.

Включение/выключение режима производится клавишей R. Добавление точек (измеряемых отрезков) производится кликом по рабочей области окна. Убрать последнюю добавленную точку линейки возможно клавишей Backspace или Del.

При расчете расстояния не учитывается кривизна Земли, поэтому применение инструмента «линейка» будет корректно на расстояниях, не превышающих 100-150 километров.

3.3.2.6 Диалоги

При возникновении различных ситуаций, требующих решения оператора (превышение допустимой дистанции от маршрута, удаление от ближайшего маршрута, завершение съемки, достижение базы), программа переходит в режим диалога.

Строка диалога отображается в верхней части рабочей области, а варианты действий – на панели меню, рисунок 3.160.

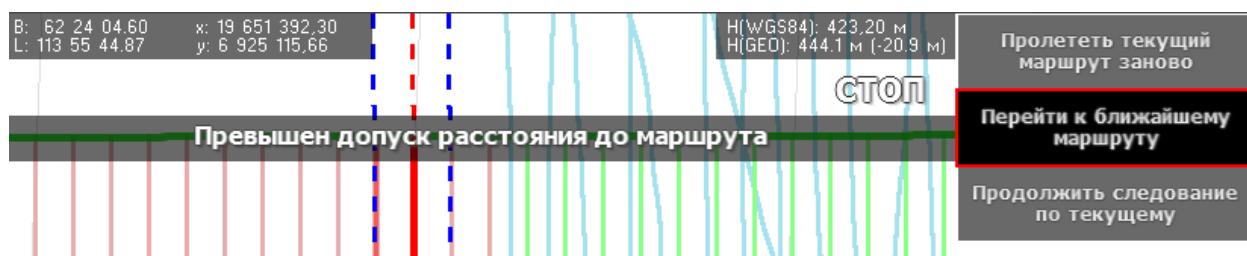


Рисунок 3.160 – Режим диалога при превышении допустимого расстояния ЛА от текущего маршрута

Выбор осуществляется левой кнопкой мыши, клавишей Enter или соответствующей кнопкой джойстика.

Также диалоги доступны и в других ситуациях – при развороте на маршруте (или значительных – более 90° – различиях направления

движения и заданного направления прохождения), а также при заходе на маршрут не сначала, рисунок 3.161.

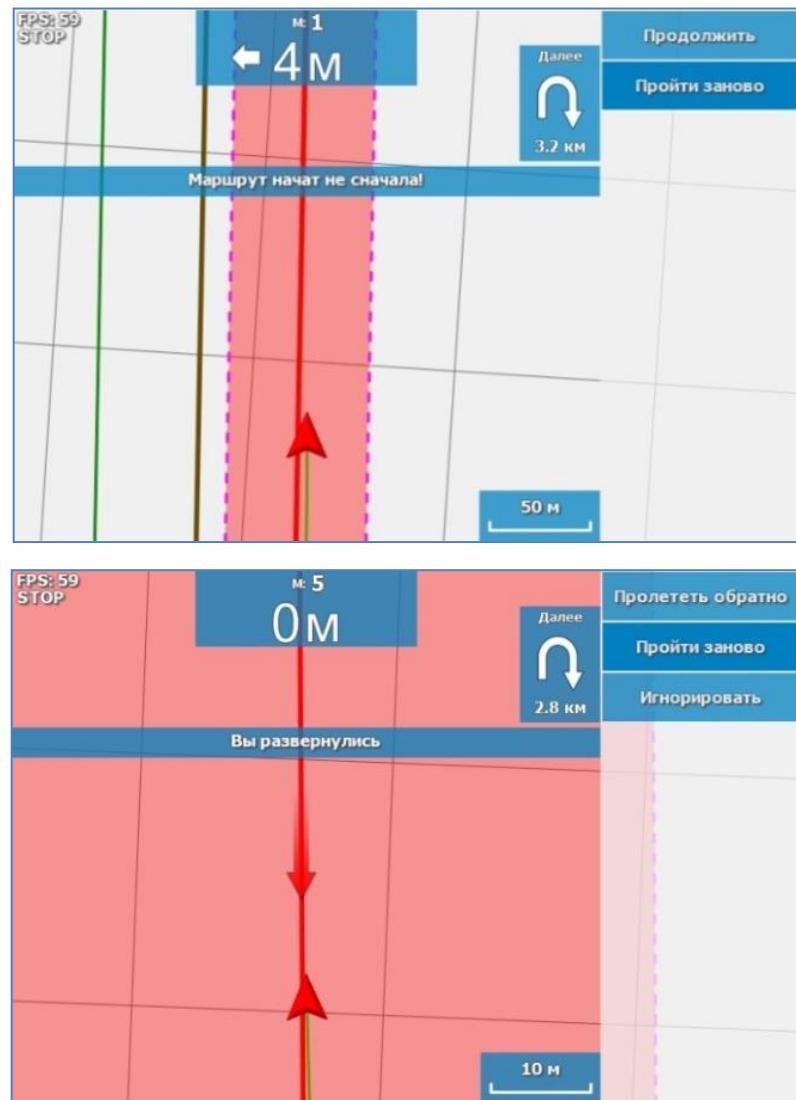


Рисунок 3.161 – Диалоги при заходе на маршрут не сначала и при отклонении от направления следования по маршруту

Важно отметить, что направление маршрута изначально автоматически задается при заходе на него. Главным критерием является близость к его начальной или конечной точке при заходе – по данному критерию маршрут проходится в прямом или обратном направлении.

Для самоконтроля в любой момент движения по маршруту добавлена «горячая» клавиша R, включающая на пять секунд отображение направления маршрута, рисунок 3.162.

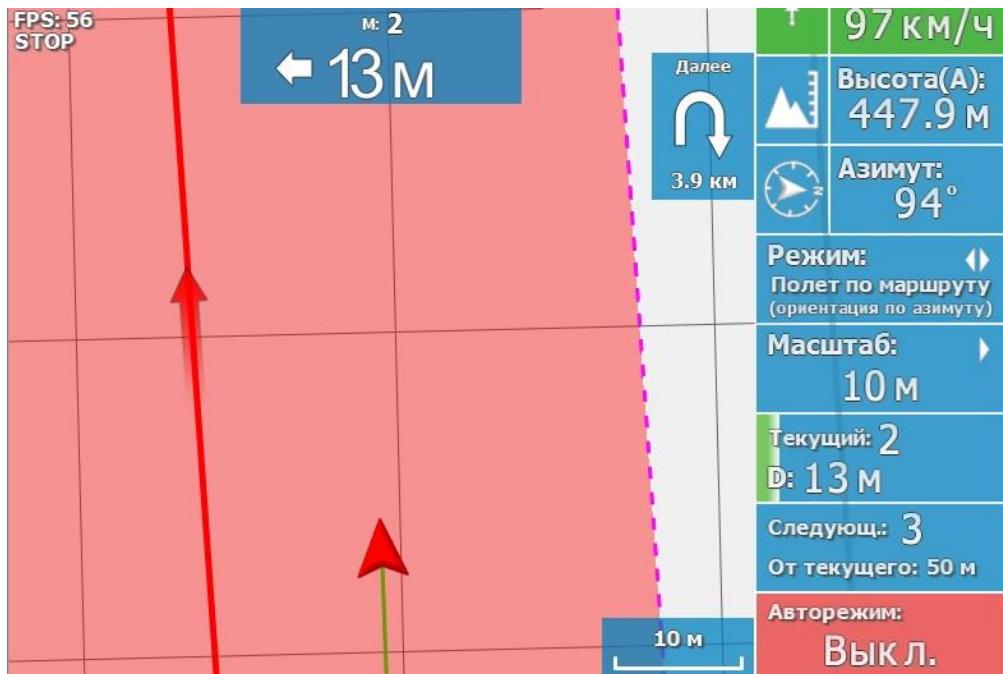


Рисунок 3.162 Отображение направления маршрута по запросу пользователя

Если маршрут не попадает на карту – схему или масштаб не позволяет увидеть его в размере большем, чем 100 пикселей, его направление дублируется при курсоре движения малой стрелкой со стороны, где маршрут находится относительно пользователя, рисунок 3.163.



Рисунок 3.163 – Отображение направления маршрута в случае, если он находится за границами экрана

3.3.2.7 Режим двух экранов

В режиме двух экранов, на экран оператора (сервера) будет выводиться миниатюра окна пилота, рисунок 3.164.

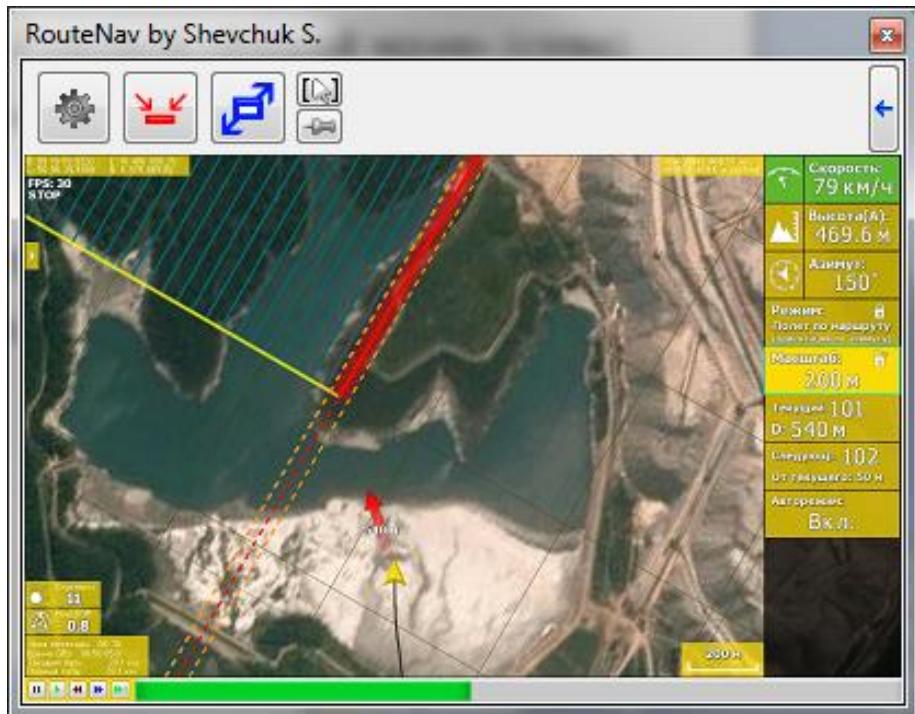


Рисунок 3.164 – Окно оператора с миниатюрой рабочего экрана

Размер этого окна изменяем, а при наведении на него курсора, он будет отображен на рабочем экране и активен. Таким образом, оператор может выполнять настройку полета со своего ПК, при этом имея возможность наблюдать окна других программ, необходимых для контроля съемки.

На верхней панели окна-миниатюры имеется шесть кнопок управления. Кнопка вызывает окно настроек; кнопки и служат для изменения размеров окна-миниатюры; кнопка в активном состоянии означает блокировку рабочей области курсора (ограничение его только экраном оператора); кнопка в активном состоянии – удержание окна-миниатюры поверх всех окон; кнопка показывает/сворачивает панель информации.

3.3.3 Управление программой

3.3.3.1 Основные команды управления меню

Управление программой осуществляется посредством следующих команд:

- выбор пункта меню (клавиши со стрелками вверх и вниз или перемещение курсора мыши по панели меню);
- перелистывание (клавиши со стрелками влево и вправо);
- ввод (левая кнопка мыши, клавиша Enter)
- отмена/выход (правая кнопка мыши, клавиша Esc);
- перемещение карты в режиме обзора (клавиши W, S, A, D или перемещение курсора с удержанием левой кнопки мыши);
- смена масштаба (клавиши - и +, колесо прокрутки мыши);
- показ вектора направления на следующий маршрут (клавиша N);
- включить/выключить/ограничить вывод траектории (клавиша T);
- включить/выключить отрисовку растровой подложки (клавиша M);
- включить/выключить вывод датчиков дополнительной информации (клавиша I);
- включить/выключить инструмент «линейка» в режиме обзор карты (клавиша R);
- показать направление прохождения маршрута в режиме выдерживания маршрута (клавиша R);
- включение/выключение автоматического режима (клавиша Q).

Клавишам со стрелками соответствуют кнопкам джойстика (или положению левой рукоятки). Назначение на кнопки джойстика остальных команд осуществляется в соответствующем меню настроек.

Панель меню, при наличии большого количества элементов, может быть прокручена колесом мыши или движением мыши с зажатой левой кнопкой (или движением по touch-screen).

3.3.3.2 Список дополнительных «горячих» клавиш

Кроме указанных команд управления, на клавиатуре имеются дополнительные функциональные клавиши:

- F1 – вызов меню настроек;
- F2 – оконный режим/ полный экран;
- F3 – установка точки условной базе в текущее положение курсора;
- F4 – показать/скрыть количество кадров в секунду (FPS) – параметр, характеризующий быстродействие программы;
- F5 – показать/скрыть сообщения приемника;
- F7 – экстренное переподключение к ГНСС-приемнику и высотомерам через COM/USB;
- F12 – выйти из программы.

3.3.4 Описание действий программы RouteNav в полете

3.3.4.1 Режимы пилотирования

При выполнении или эмуляции полета программа может функционировать в различных *режимах пилотирования*, которые определяют выводимые данные и условные знаки, а также алгоритм вычислений, выполняемых программой.

В RouteNav имеются следующие режимы пилотирования:

- обзор карты;
- полет на участок работ;
- полет по маршрутам:
 - выдерживание маршрута;
 - заход с маршрута на маршрут;
- возвращение на базу;
- свободный полет.

В режиме «обзор карты» оператор может свободно перемещаться по карте-схеме вне зависимости от положения на ней ЛА.

В режиме пилотирования «полет на участок работ» указывается вектор до ближайшего (или выбранного) маршрута и ведется подсчет расстояния до него.

Режим «полет по маршрутам» проходит с выделением текущего и следующего маршрута и подсчетом расстояния до них (уклонения). При удалении более 512 пикселей в масштабе карты-схемы также выводится соответствующий вектор направления на маршрут. Кроме того, проверяется соответствие текущего уклонения от маршрута максимальному допуску (задается пользователем при загрузке маршрутов). В случае превышения – выводится соответствующее диалоговое оповещение (запрос действия или просьба зайти на маршрут повторно). По прохождению маршрута производится статистическая обработка уклонений и выставляется оценка (критерии описаны описана далее по тексту).

В режиме пилотирования «возвращение на базу» указывается вектор до условной базы и рассчитывается расстояния до нее.

Указанные режимы могут выполняться с различной ориентацией системы координат рабочей области. В режиме «обзора карты» система координат рабочей области ориентирована севером вверх. Для остальных режимов доступна также ориентация по азимуту, а в режиме «полет по маршрутам» имеется возможность ориентировать систему координат по углу текущего прямолинейного маршрута.

При включенном автоматическом режиме, выбор режима пилотирования выбирается по заранее настроенному автоматическому алгоритму.

Режим пилотирования «свободный полет» позволяет выполнять навигацию без привязки к какому-либо объекту или маршруту.

3.3.4.2 Автоматическая смена режима пилотирования и масштаба

Параметры автоматического выбора режима полета и масштаба карты-схемы настраиваются пользователем (подробно см. 3.2.2.1). Данный режим может быть отключен.

Автоматическая смена масштаба карты-схемы и режима полеты ситуаций:

- в режиме «полет к ближайшей точке маршрутов»:
 - состояние покоя (скорость менее 10 км/ч);
 - следование к ближайшей точке маршрута (скорость от 10 км/ч);
- в режиме «полет по маршрутам»:
 - выдерживание текущего маршрута;
 - заход с маршрута на маршрут.

Настройка для ситуации следования к ближайшей точке маршрута применяется к режиму «возвращение на базу». Кроме того, оператор может выбрать варианты действия программы при превышении дистанции до текущего маршрута (во время его выдерживания).

Алгоритм проверяет следующие условия:

а) В режиме «полет к ближайшей точке маршрута»:

- проверяется скорость ЛА. Если скорость меньше 10 км/ч – устанавливается заданный пользователем масштаб для состояния покоя, иначе – масштаб и ориентация системы координат, заданная пользователем для данного режима в движении;
- при скорости более 10 км/ч и удалении от ближайшего маршрута менее, чем указанное пользователем расстояние (500 м по умолчанию) – выполняется автоматический переход в режим «полет по маршрутам».

б) В режиме «полет по маршрутам»:

- проверяется, находится ли ЛА на линии маршрута (проекция ЛА по нормали на ось маршрута должна находиться на отрезке между точками начала и конца маршрута). В зависимости от результата устанавливается

масштаб и ориентация системы координат рабочей области, соответствующая ситуации (подрежим «выдергивание маршрута» или подрежим «заход с маршрута на маршрут»);

– в ситуации выдергивания текущего маршрута проверяется расстояние до него (по нормали). Если расстояние превышает предельное (задается в настройках маршрутов при их загрузке), то программа выполняет действие, выбранное для данной ситуации (диалог с пользователем, повторный заход на маршрут, продолжение следования по маршруту, выбор ближайшего не пройденного маршрута);

– в обеих ситуациях данного режима, в случае превышения расстояния маршрута в два и более раз предлагается выполнить съемку маршрута заново;

– если расстояние до текущего маршрута превышено более, чем в два раза, также проверяется расстояние до ближайшего маршрута. В случае превышения дистанции на 2,5 км, Программа предлагает пользователю перейти в режим «возвращение на базу» или «полет к ближайшей точке маршрутов»;

– если все маршруты пройдены, включая текущий, программа предлагает оператору перейти в режим «возвращение на базу» или выбрать маршрут из списка для повторного полета по нему (режим сохраняется, панель меню переходит к списку маршрутов).

в) В режиме «возвращение на базу»:

– проверяется расстояние до базы, если оно не превышает 500 м, масштаб укрупняется до 50 м на 100 пикселей (для более точной навигации);

– если расстояние до базы менее 250 м, а скорость не превышает 10 км/ч, Программа предлагает оператору завершить навигацию (автоворобот отключается, происходит переход в режим «обзор карты»), либо подготовиться к повторному полёту (режим «полет к ближайшей точке маршрута»).

3.3.4.3 Автоматический выбор следующего маршрута

При переходе на новый маршрут (как по завершению предыдущего, так и при выборе оператора из соответствующего меню), программа автоматически подбирает следующий.

Поиск следующего маршрута выполняется по списку в обе стороны (приоритет – вперед по списку). В программе реализованы три алгоритма выбора следующего маршрута:

- по порядку;
- через заданный шаг;
- «петлями» (с заданным шагом).

В первых двух алгоритмах выполняется циклический перебор по порядку списка с заданным шагом (в первом случае шаг равен единице) в прямом и обратном направлении. В случае если следующий маршрут найден, цикл обрывается. Если с заданным шагом не удалось найти ближайшего маршрута, шаг уменьшается.

Алгоритм выбора маршрута при полете «петлями» вводится понятие направления отсчета. При направлении вперед по списку, маршрут выбирается для шага, равного заданному пользователем, а назад – для расстояния меньшего на единицу. В случае, если маршрут недоступен, направление меняется на противоположное, и при переборе вперед по списку задается уменьшенный шаг. Схематично такой полет указан на рисунке 3.165.

На рисунке указан пример полета петлями с шагом пять маршрутов. Выбор маршрута вперед по списку показан красными дугами, обратно – синими.

При проектировании маршрута существует возможность имитации траектории полета по маршрутам, благодаря которой может быть заранее оценена последовательность их прохождения.

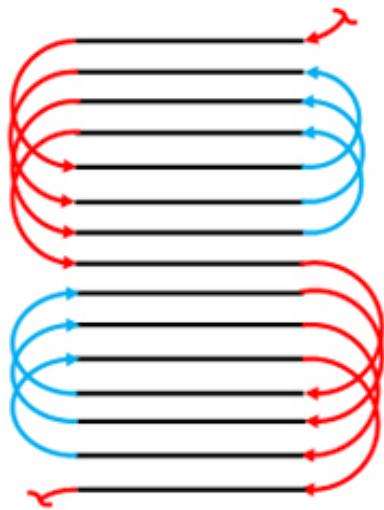


Рисунок 3.165 – Схематичное изображение полета «петлями»

При проекте полета по сложным маршрутам, расположенным произвольно, рекомендуется проектировать полет с последовательным прохождением маршрутов.

3.3.4.4 Оценивание качества выдерживания маршрута

После завершения каждого маршрута вычисляется СКП выдерживания линии заданного пути. Если СКП не превышает половину предельного расстояния – маршрут считается пройденным успешно, что соответствует оценкам «отлично» и «хорошо» [61]. В этом случае ему присваивается статус пройденного с отметкой «OK». Если СКП грубее половины предельной дистанции, маршруту присваивается тот же статус с оценкой «грубо».

При наличии измерений высотомеров, для пройденных маршрутов оценивается прохождение высот – вычисляется процент точек брака, для которых высоты над земной поверхностью были ниже или выше соответствующих допустимых границ.

3.3.4.5 Ведение журнала полетов

Программа также ведет запись журнала полетов в нескольких форматах в папке Logs. Выводимые форматы приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Записи программы в каталоге Logs

Подкаталог в папке с программой RouteNav	Расширение	Описание
Logs\GPS	*.gps	Сообщения с ГНСС-приемника и высотомеров (протокол NMEA0183 + дополнительные данные)
Logs\Reports	*.txt	Отчеты о качестве выдерживания маршрутов в полете в текстовом формате
Logs\Routes	*.rts	Маршруты в собственном формате программы с сохранением их статуса (пройденные/не пройденные)
Logs\Tracks	*.rtt, *.rta	Точки траекторий с сохранением всех дополнительных данных, используемых программой (расстояния, текущие маршруты, прямоугольные координаты и пр.)

Файлы именуются по формату:

YYYY-MM-DD_{название}_{номер}.{расширение}

где: YYYY-MM-DD – год, месяц и день полета (по часам ПК), а остальные данные соответствуют используемому формату. Номер выдается в случае превышения порогового количества строк (для формата *.gps) или при выполнении нескольких полетов на одну и ту же дату.

3.3.5 Описание действий оператора в полете

Навигационный комплекс RouteNav высоко автоматизирован и позволяет оператору минимально вмешиваться в процесс полета, а пилотам – следовать рекомендациям программы, минимально отвлекая оператора от контроля геофизических параметров.

Рекомендации по корректировке курса и высоты полета получаются посредством карты-схемы, датчиков и сообщений программы.

Вместе с тем, интерфейс программы позволяет выполнять в процессе полета следующие действия:

- изменение текущего и следующего маршрута;

- повторное прохождение маршрутов;
- включение/выключение автоматической смены режима пилотирования и масштаба карты-схемы;
- ручное изменение режима пилотирования (например, возвращение на базу или к участку работ) и масштаба карты-схемы;
- обзор карты местности, измерения инструментом «лнейка»;
- переключение между типами высотомеров;
- вызов настроек полета (при необходимости).

3.3.6 Внештатные ситуации

3.3.6.1 Потеря связи с ГНСС-приемником и/или высотомерами

В случае потери связи с ГНСС-приемником, курсор будет отображаться с вопросительным знаком, рисунок 3.166.

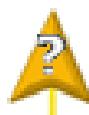


Рисунок 3.166 – Отображение курсора при срыве соединения с ГНСС-приемником

Перезапуск соединения с ГНСС-приемника вызывается следующими способами:

- клавиша **F7** (экстренное переподключение);
- соответствующие пункты «быстрого меню» (см. 3.3.2.4):



повторное подключение к ГНСС-приемнику;



повторное подключение к высотомерам;



перезапустить скрипт (при наличии).

Если подключение стабильно, но местоположение не изменяется, проверьте количество видимых спутников на панели дополнительной информации. Если панель отключена, вызовите её клавишей **I** или через быстрое меню (пункт ).

Панель с количеством спутников и геометрическим фактором расположена в левом нижнем углу экрана, рисунок 3.167.

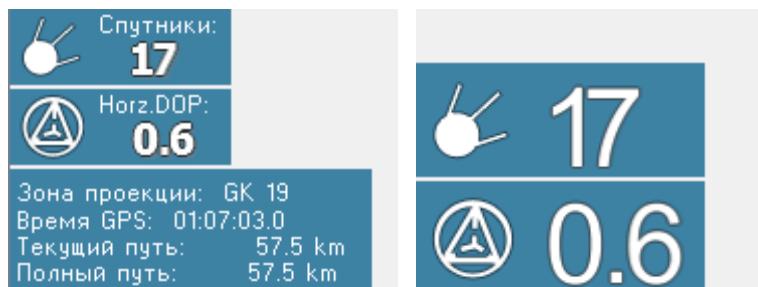


Рисунок 3.167 – Панель информации о приеме сигналов ГНСС в полном виде (слева) и сокращенном/укрупненном (справа)

В полном виде на панели отображается время, по обновлению которого также можно судить о поступлении данных с ГНСС-приемника. Кроме того, в случае подозрений на потерю соединения с приемником, может быть открыта панель сообщений (клавиша **F5**).

3.3.6.2 Необходимость исправления конфигурации проекта полета

Сохраненный полет может быть отредактирован в любой момент через окно настроек, рисунок 3.177.

Вкладки окна настроек примерно соответствуют шагам создания проекта (см. 3.2.2). Вызвать окно можно клавишей **F1**, а также из быстрого меню программы (пункт ) и из главного меню (пункт «Настройки полета»; если файл проекта уже открыт).

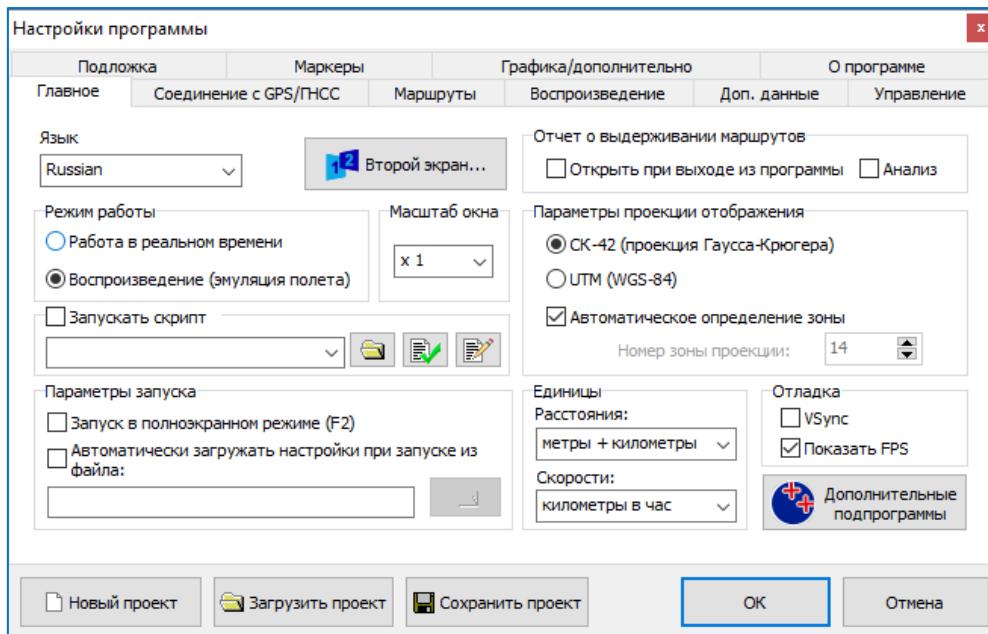


Рисунок 3.177 – Главное окно настроек

3.3.6.3 Превышения пределов навигационных величин

В зависимости от настроек автоматического пилотирования в проекте полета (см. 3.2.2.1) и его активности (кнопка-индикатор «Авто»), при превышении заданных пределов уклонений, высот, а также при развороте на маршруте, сходе с него или при заходе на маршрут не сначала, программа предложит диалог с выбором действия (см. 3.3.2.6) либо автоматически выберет настроенный вариант действий. В критических случаях следование по маршруту прекратится до повторного захода на него.

При этом соответствующие кнопки-индикаторы и датчики (скорости, уклонений, высоты) будут подсвечены мерцающим красным цветом.

3.4 Воспроизведение/эмulationия полета

Режим эмуляции полета нужен для воспроизведения и анализа выполненных полетов, а также демонстрации и обучения персонала.

Воспроизводиться могут любые файлы, содержащие формат сообщений протокола NMEA0183.

При воспроизведении полета, поведение программы RouteNav не повторяет действий, предпринятых оператором во время съемки (то есть, воспроизводятся не весь полет суммарно, а только ГНСС-наблюдения, и показания высотомеров при их наличии).

Записанные данные, могут быть воспроизведены с различной скоростью. Инструменты управления воспроизведения показаны на рисунке 3.164.

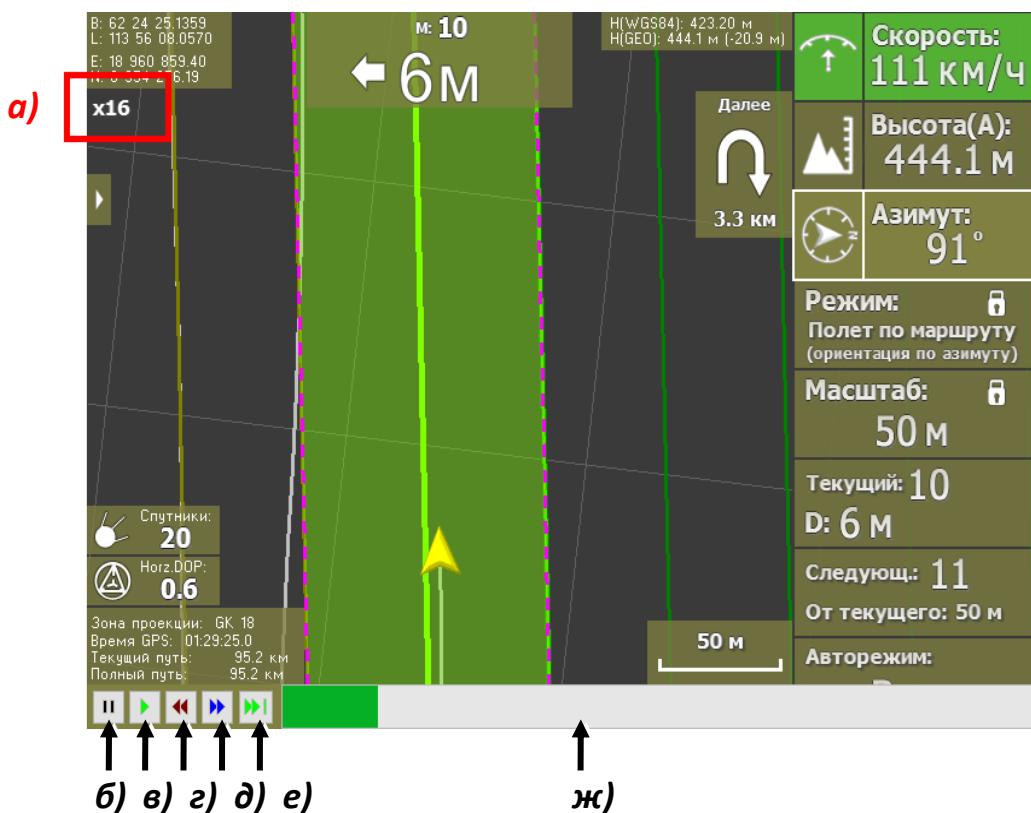


Рисунок 3.164 – Управление воспроизведением полета:

- скорость воспроизведения;
- пауза;
- воспроизведение со стандартной скоростью;
- замедлить воспроизведение вдвое;
- ускорить воспроизведение вдвое;
- промотать до начала движения;
- прогресс воспроизведения.

3.5 Анализ результатов полета

3.5.1 Анализ выдерживания полета в утилите FlyEstim

После завершения сеанса летных измерений, данные могут быть проанализированы для выявления брака (по уклонениям и высотам над земной поверхностью). В случае если в настройках программы (окно настроек, вкладка «Главное») указан запуск отчета с анализом (см. п. 3.2.2.3) после выхода из программы автоматически запускается утилита анализа полета Fly Estimation (старое название EstimHgt), рисунок 3.167.

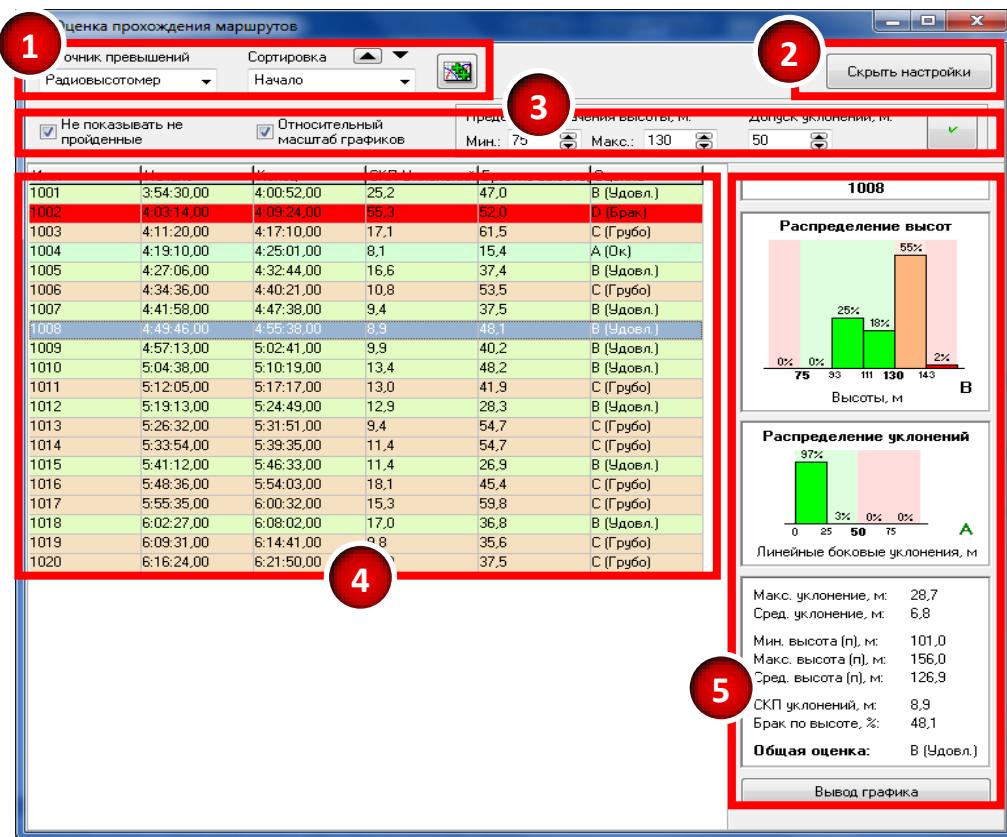


Рисунок 3.167 – Утилита анализа полета Fly Estimation:
настройки вывода таблицы (1); показать/скрыть настройки допусков (2);
настройки допусков (3); таблица пройденных маршрутов (4); информация
о выбранном маршруте (5)

Программа также может быть запущена самостоятельно через менеджер утилит (см. 3.2.2.4). В этом случае необходимо указать файл траектории в формате *.rtt для анализа (сохраняются в подкаталог *Logs\Tracks* в директории *RouteNav*).

Утилита позволяет по заданным в проекте (и редактируемым при анализе) критериям оценить выдерживание каждого маршрута по уклонениям, и, при наличии измерений высотометров – по высотам над земной поверхностью.

Редактирование допусков выполняется на дополнительной панели, вызываемой кнопкой «Показать настройки» (рис. 3.167).

Оценивание происходит по критериям, показанным в таблице 3.3. В случае оценивания по двум параметрам, из двух оценок берется худшая.

Если данные по высоте отсутствуют, их учет можно отключить, оценивая только боковые уклонения.

Таблица 3.3 – Критерии оценки выдерживания маршрутов

Оценка	Высоты над земной поверхностью	Уклонения от маршрута
A (OK)	вне допусков менее 10%	СКП менее 0.5 допуска
B (удовл.)	вне допусков до 50%, грубый брак менее 10%	СКП менее 0.75 допуска
C (грубо)	грубый брак менее 25%	СКП менее 1 допуска
D (брак)	грубый брак более 25%	СКП больше допуска

Под грубым браком подразумевается процент точек траектории, для которых высота ниже допустимого минимума или выше максимума, умноженного на коэффициент 1,1 (110%). Такой критерий добавлен на основании анализа эмпирических данных, по которым был сделан вывод, что при съемках на сверхмальных высотах большинство измерений берется у верхней границы допустимой высоты.

По каждому маршруту может быть получен подробный отчет в виде статистических величин (максимальные и средние уклоны, экстремальные и средние значения высот над земной поверхностью) и гистограмм распределения уклонений и высот (в правой части окна утилиты) (рис.3.167).

Кроме того, для всего полета и для маршрутов могут быть выведены графики (кнопка с иконкой  или «Показать графики») уклонений, высот над земной поверхностью и абсолютных высот, рисунки 3.168 и 3.169.

Указанные оценки и графики позволяют выполнить супервайзинг полета и, при необходимости, выполнить повторные залеты на отбракованные маршруты, либо внести поправки в результаты геофизических наблюдений.

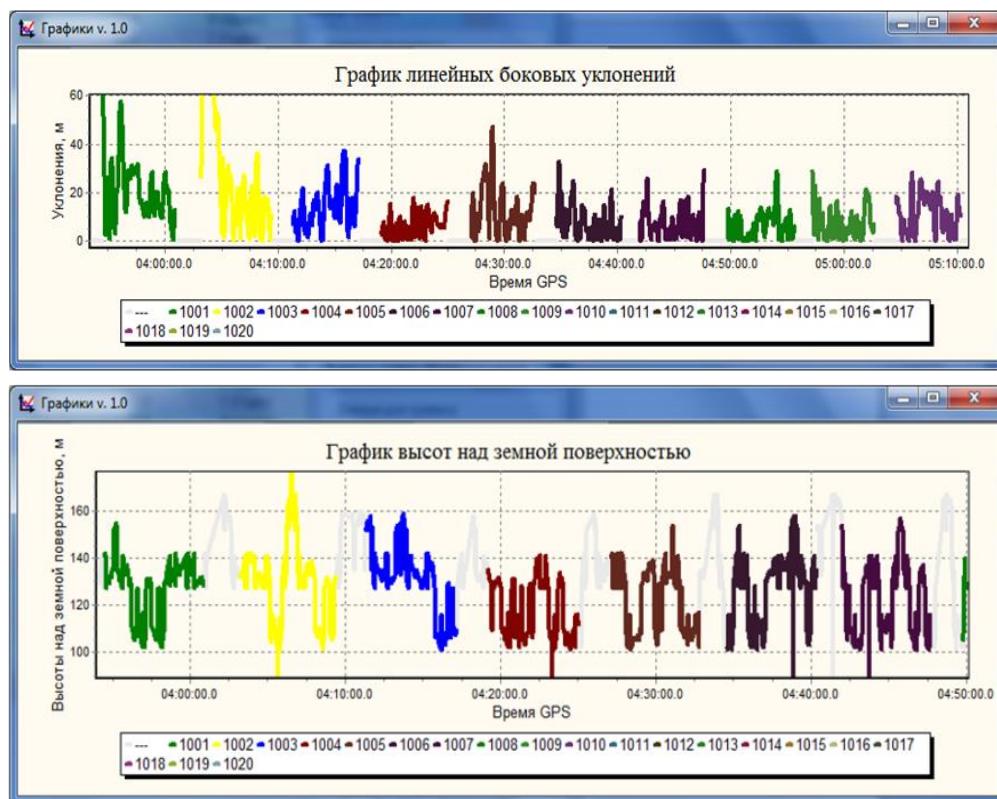


Рисунок 3.168 – Графики выдерживания навигационных параметров для всего полета

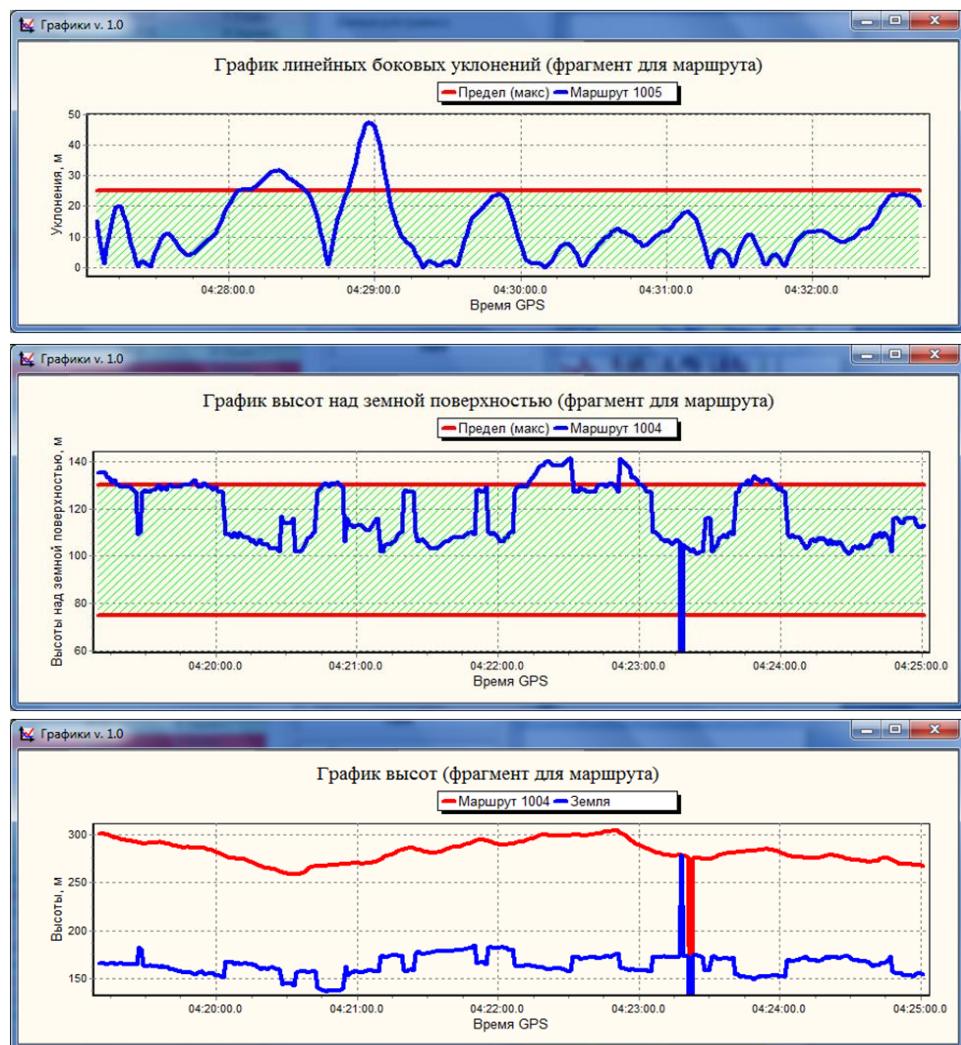


Рисунок 3.169 – Графики выдерживания навигационных параметров для отдельных маршрутов

3.5.3 Работа с траекториями в RouteEditor

3.5.2.1 Категория «Треки» в RouteEditor

Обработка траекторий заключается не только в их оценивании относительно допусков выдерживания навигационных параметров – утилита RouteEditor содержит ряд дополнительных возможностей по отображению и редактированию траекторий (вкладка-категория «Треки»), рисунок 3.170.

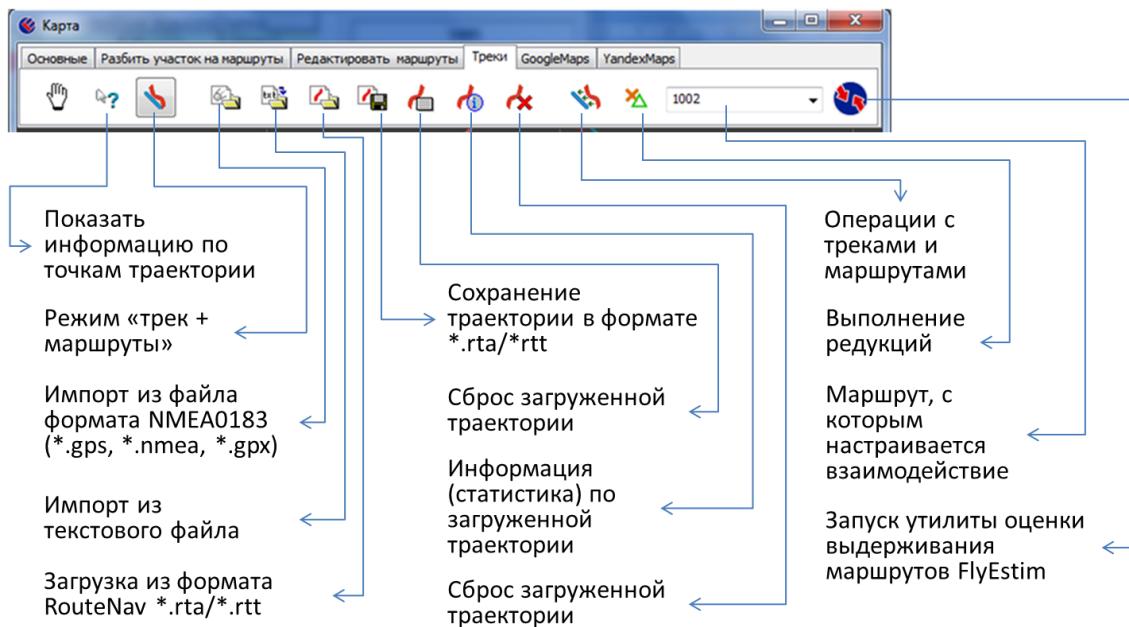


Рисунок 3.170 – Категория «Треки» в RouteEditor

Импортированная траектория в режиме сдвига карты и показа информации о траектории отображается одноцветной ломаной линии, рисунок 3.171.

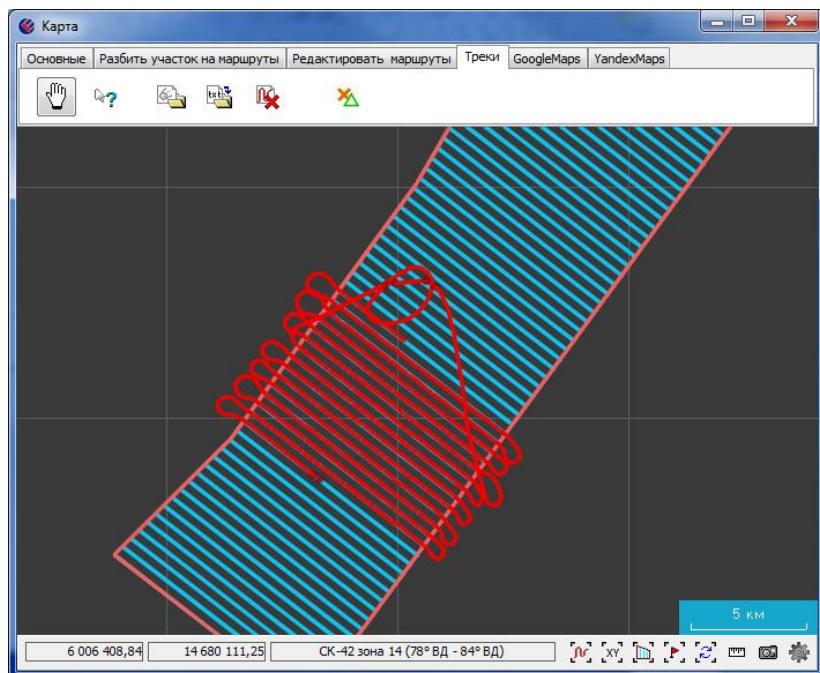


Рисунок 3.171 – Отображение импортированной траектории

По каждой точке траектории может отображаться информация в соответствующем режиме (кнопка ) при наведении курсора, рисунок 3.172.

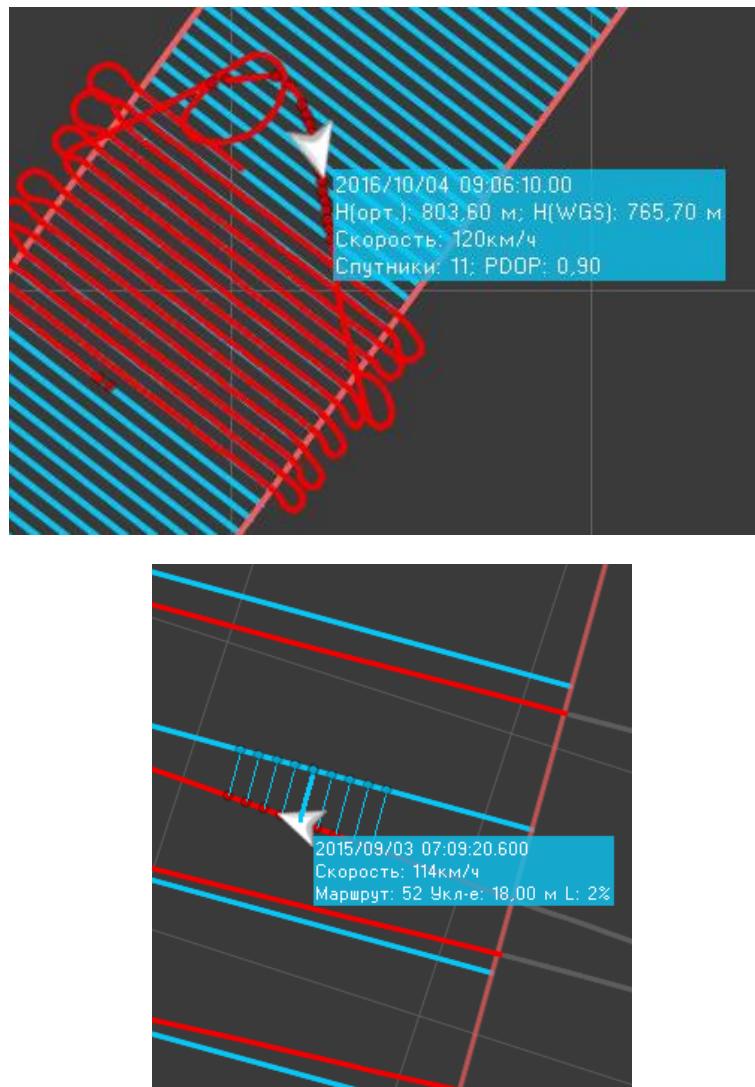


Рисунок 3.172 – Отображение информации о точках траектории и графическое отображение бокового уклонения от маршрута

При наведении курсора отображается информация о ближайшей к нему точке, указывается направление движения (в виде треугольного курсора) и выделяется несколько ближайших точек (и их уклонения от маршрута). При клике, выбранная точка фиксируется, повторный клик – снимает фиксацию.

Для быстрого перехода к загруженным маршрутам, на панели навигации добавляется кнопка .

3.5.2.2 Взаимодействие с маршрутами

В режиме «трек + маршруты» (кнопка ) закрашены будут только те части траектории, которые присвоены к маршрутам (рисунок 3.173).

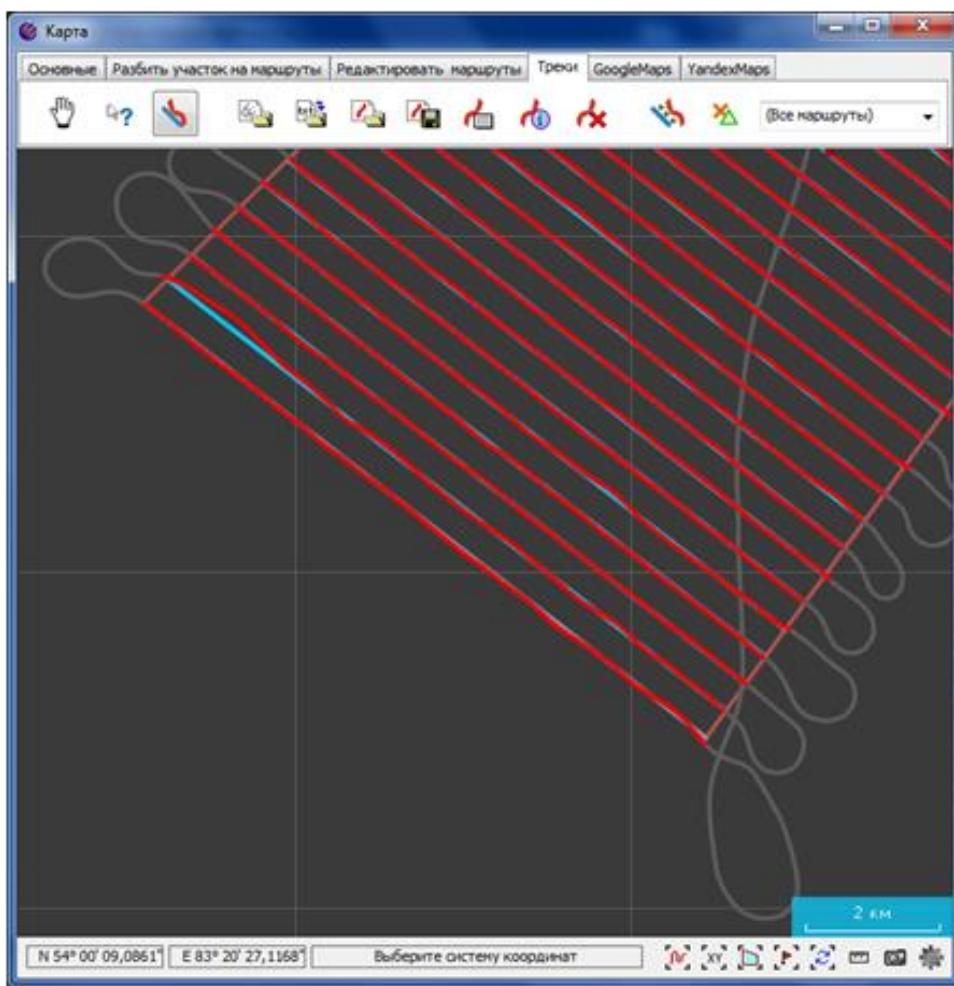


Рисунок 3.173 – Режим «треки + маршруты»

В случае если используется сторонний формат, маршруты не будут присвоены, и, например, для анализа в утилите FlyEstim может быть необходимо, задать соответствие траектории маршрутам. Это может выполняться как автоматически, так и в ручном режиме.

В меню «Операции с треками и маршрутами», вызываемом кнопкой  можно настроить автоматическое присвоение точкам траектории номера маршрутов, рисунок 3.174. Автоматическое добавление сработает безошибочно в случае полного прохождения каждого маршрута.

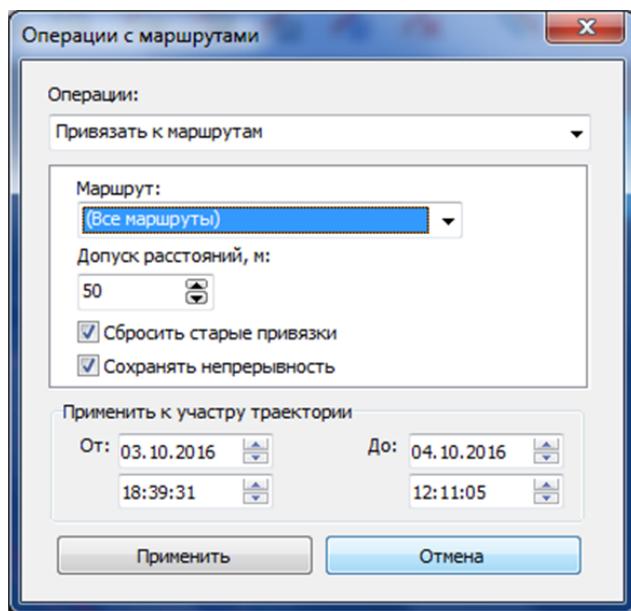


Рисунок 3.174 – Окно «Операции с маршрутами»: настройка автоматического определения маршрутов для точек траектории

Привязка точек траекторий к маршруткам выполняется по критерию расстояния от маршрута, а также с опцией «сохранения непрерывности» – то есть, участок траектории будет присвоен маршруту в том случае, если на его протяжении маршрут проходится от начальной до конечной точек.

После автоматического определения необходим ручной контроль и редактирование. В строке меню может быть выполнен перебор каждого маршрута с визуальным контролем части траектории, относящейся к нему. Кроме того, могут быть добавлены или удалены вручную точки траектории для каждого маршрута. Выбранный маршрут и его траектория будут подсвечены для редактирования, рисунок 3.175.

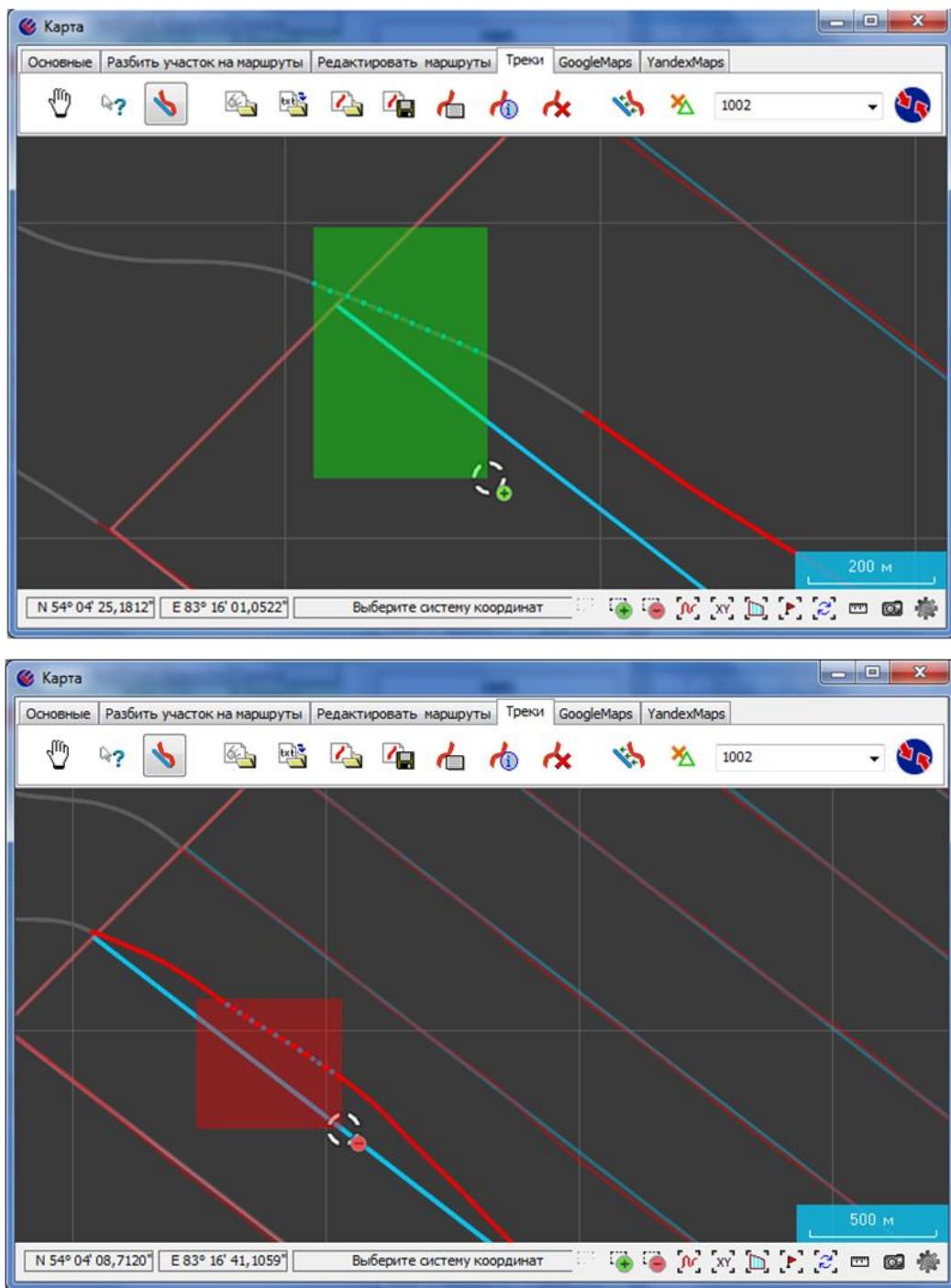


Рисунок 3.175 – Редактирование выборок траектории для маршрута:
добавление (вверху) и удаление (внизу) точек выборки

Далее выборки могут быть автоматически отправлены на оценку утилитой FlyEstim нажатием кнопки (в новых версиях).

3.5.2.3 Таблица точек траектории

Траектория может отображаться в виде таблицы, кнопка  , рисунок 3.176.

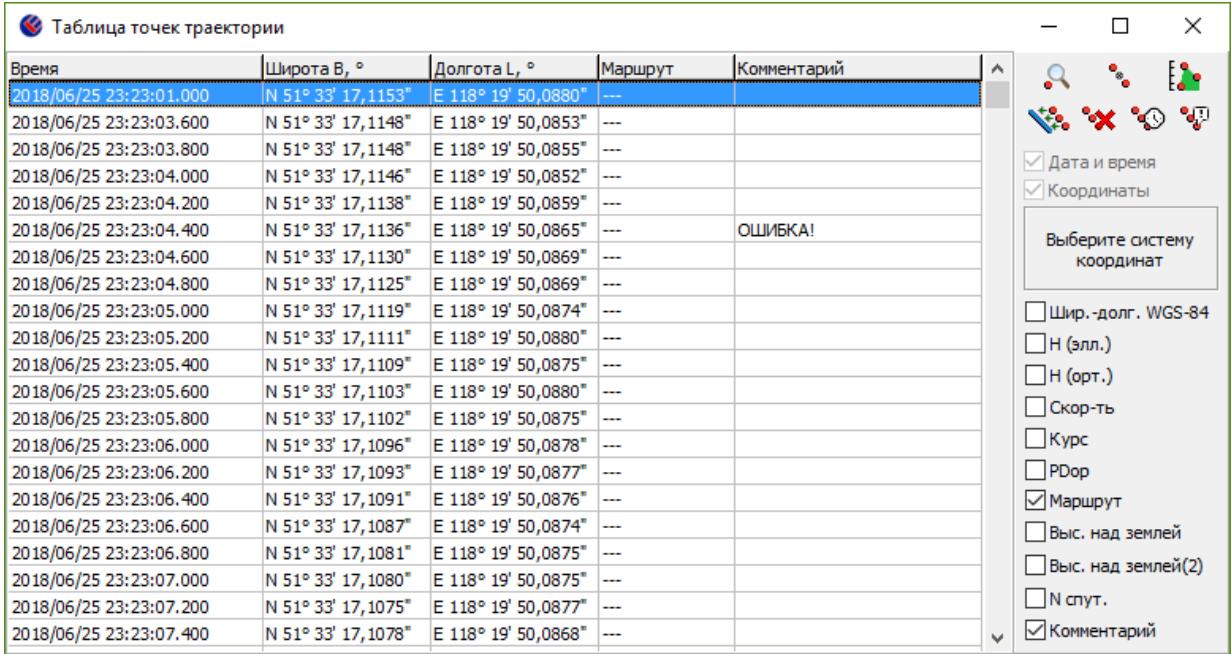


Таблица точек траектории

Время	Широта В, °	Долгота L, °	Маршрут	Комментарий
2018/06/25 23:23:01.000	N 51° 33' 17,1153"	E 118° 19' 50,0880"	---	
2018/06/25 23:23:03.600	N 51° 33' 17,1148"	E 118° 19' 50,0853"	---	
2018/06/25 23:23:03.800	N 51° 33' 17,1148"	E 118° 19' 50,0855"	---	
2018/06/25 23:23:04.000	N 51° 33' 17,1146"	E 118° 19' 50,0852"	---	
2018/06/25 23:23:04.200	N 51° 33' 17,1138"	E 118° 19' 50,0859"	---	
2018/06/25 23:23:04.400	N 51° 33' 17,1136"	E 118° 19' 50,0865"	---	ОШИБКА!
2018/06/25 23:23:04.600	N 51° 33' 17,1130"	E 118° 19' 50,0869"	---	
2018/06/25 23:23:04.800	N 51° 33' 17,1125"	E 118° 19' 50,0869"	---	
2018/06/25 23:23:05.000	N 51° 33' 17,1119"	E 118° 19' 50,0874"	---	
2018/06/25 23:23:05.200	N 51° 33' 17,1111"	E 118° 19' 50,0880"	---	
2018/06/25 23:23:05.400	N 51° 33' 17,1109"	E 118° 19' 50,0875"	---	
2018/06/25 23:23:05.600	N 51° 33' 17,1103"	E 118° 19' 50,0880"	---	
2018/06/25 23:23:05.800	N 51° 33' 17,1102"	E 118° 19' 50,0875"	---	
2018/06/25 23:23:06.000	N 51° 33' 17,1096"	E 118° 19' 50,0878"	---	
2018/06/25 23:23:06.200	N 51° 33' 17,1093"	E 118° 19' 50,0877"	---	
2018/06/25 23:23:06.400	N 51° 33' 17,1091"	E 118° 19' 50,0876"	---	
2018/06/25 23:23:06.600	N 51° 33' 17,1087"	E 118° 19' 50,0874"	---	
2018/06/25 23:23:06.800	N 51° 33' 17,1081"	E 118° 19' 50,0875"	---	
2018/06/25 23:23:07.000	N 51° 33' 17,1080"	E 118° 19' 50,0875"	---	
2018/06/25 23:23:07.200	N 51° 33' 17,1075"	E 118° 19' 50,0877"	---	
2018/06/25 23:23:07.400	N 51° 33' 17,1078"	E 118° 19' 50,0868"	---	

Дата и время
 Координаты

Выберите систему координат

 Шир.-долг. WGS-84
 Н (элл.)
 Н (орт.)
 Скор-ть
 Курс
 PDop
 Маршрут
 Выс. над землей
 Выс. над землей(2)
 N спут.
 Комментарий

Рисунок 3.176 – Трек в виде таблицы точек

В левой части окна дана таблица точек траектории. В правой – отображаемые категории, система координат (по умолчанию WGS-84), а также кнопки действий: со всем треком ( – поиск по таблице,  – понизить частоту точек траектории,  – показать высотный профиль) и с выбранными эпохами ( – присвоить к маршруту;  – удалить;  – сдвинуть метку времени;  – добавить комментарий).

Поиск по таблице производится только по отображаемым столбцам. Данная функция позволяет быстро переходить к эпохе с заданным временем или искать ошибки приемника (для этого необходимо включить столбец «Комментарии» и выполнить поиск символа «!»). Вызов данной функции также дублируется сочетанием клавиш Ctrl+F (новый поиск) и F3 (искать далее). Продолжение поиска без ввода новой искомой строки

также возможно нажатием кнопки правой кнопкой мыши. Поиск идет от начала к концу таблицы. По достижении последней строки, программа предлагает начать поиск сначала до выбранной строки.

Кнопка вызывает окно понижения частоты эпох траектории, рисунок 3.177. Данная функция, в первую очередь, предназначена для повышения производительности при выводе и анализе траектории. Критерии разрежения траектории могут быть как по порядковым номерам эпох, так и по времени и расстояниям.

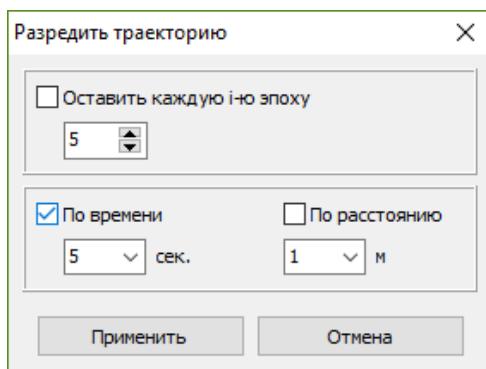


Рисунок 3.177 – Понижение частоты эпох траектории по различным критериям

Показ высотного профиля полностью идентичен соответствующей опции утилиты анализа качества полета (см. рис. 3.168), однако не требует перехода к ней и подходит для траекторий, не содержащих следования по маршрутам.

Каждая точка траектории (или несколько выделенных точек) могут быть удалены или присвоены к одному из загруженных маршрутов кнопками и соответственно или через контекстное меню, вызываемое правой кнопкой мыши, рисунок 3.178. Эти же действия могут быть выполнены сочетанием клавиш Ctrl+R (задать эпохе маршрут) и Del (удалить эпоху).

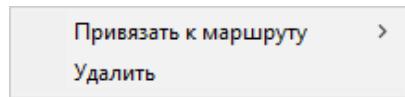


Рисунок 3.178 – Контекстное меню для выделенных эпох траектории

Кнопка позволяет сдвигать время для выбранных эпох (или всей траектории, в зависимости от выбора пользователя) на заданное количество секунд, а – задать выбранным эпохам текстовый комментарий (примечание для удобства анализа).

3.5.3.4 Статистика по траектории

По точкам траектории может быть выведен краткий отчет нажатием кнопки или (для новых версий) кнопки на панели навигации в правом нижнем углу окна, рисунок 3.179.

A screenshot of the 'Статистический отчет' (Statistical Report) window in RouteEditor. The window has three main sections: 'Общие' (General), 'Траектория' (Trajectory), and 'Петли ЗСБ' (ZSB loops). The 'Траектория' section is active, showing summary statistics: Length of trajectory: 261.700 m, Number of points (epochs): 40752, Start time: 24.06.2020 0:57:15, End time: 24.06.2020 3:23:23, Jumps: 12, Points bound to routes: 29509 (72%). Below this, the 'Выдерживание маршрутов' (Route adherence) table lists segments with their start and end times, average slope, and maximum slope. At the bottom are 'Сохранить' (Save) and 'Закрыть' (Close) buttons.

Маршрут	Время начала	Время завершения	СКП укл., м	Сред., м	Макс., м
1002	2020/06/24 00:57:59.800	2020/06/24 01:02:26.399	6,35	4,99	19,20
1007	2020/06/24 01:04:06.000	2020/06/24 01:08:24.399	4,42	3,61	9,80
1003	2020/06/24 01:10:05.000	2020/06/24 01:14:30.799	4,30	3,16	17,40
1008	2020/06/24 01:15:53.000	2020/06/24 01:20:08.000	4,95	3,67	20,50
1004	2020/06/24 01:21:38.399	2020/06/24 01:25:54.000	3,79	3,24	8,60

Рисунок 3.179 – Статистика по траектории

3.5.3.5 Осредненная линия и выделение остановок

В окне «Операции с маршрутами» доступны и другие операции с траекторией – построение маршрутов по методу наименьших квадратов (можно применять к участку траектории), рисунок 3.180, и выделение точек остановок («стопов») по критериям времени или по файлу RINEX 2.x), рисунок 3.181.

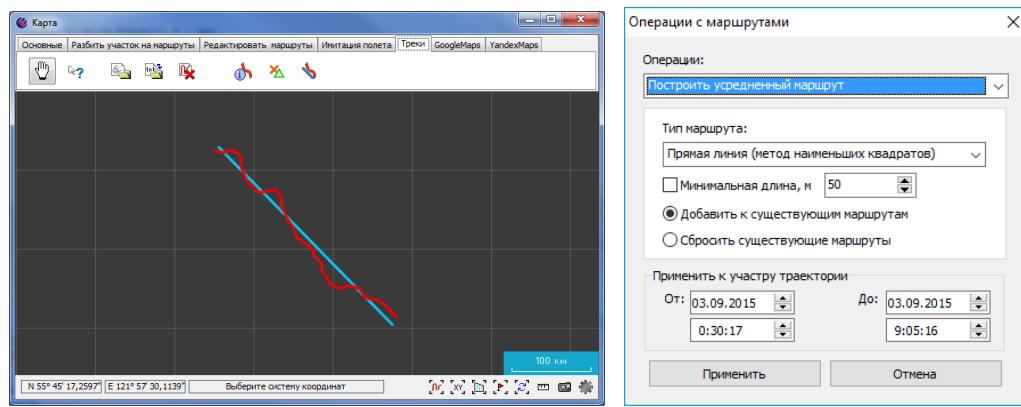


Рисунок 3.180 – Осредненный маршрут

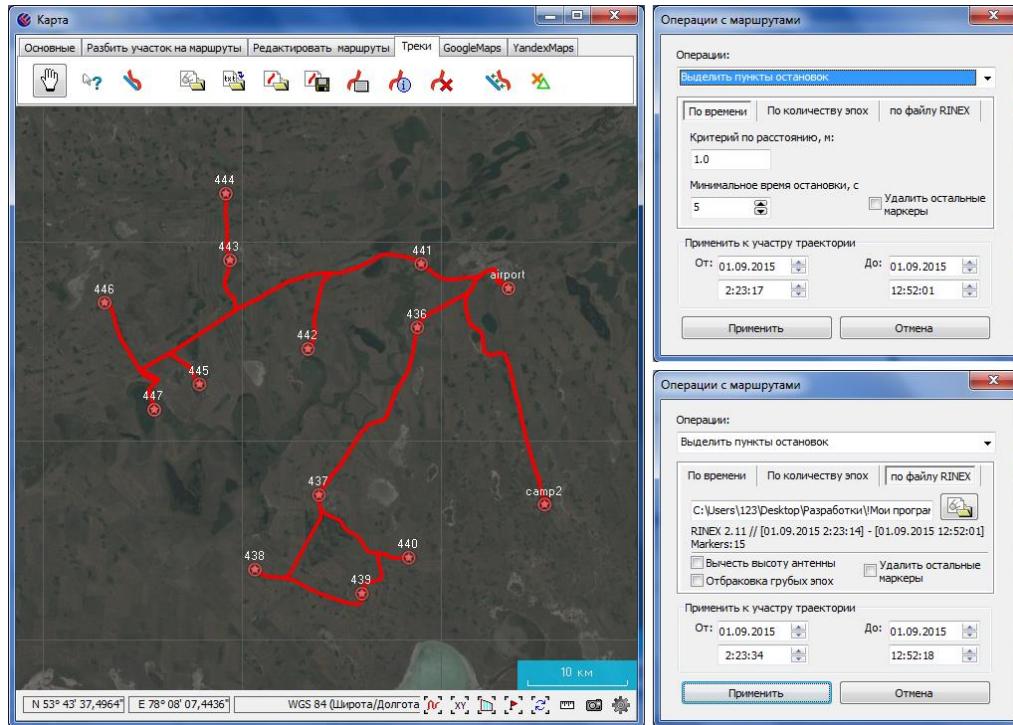


Рисунок 3.181 – Выделение пунктов остановок

При осреднении по RINEX может использоваться фильтрация методом 3σ в одну или несколько итераций, рисунок 3.182.

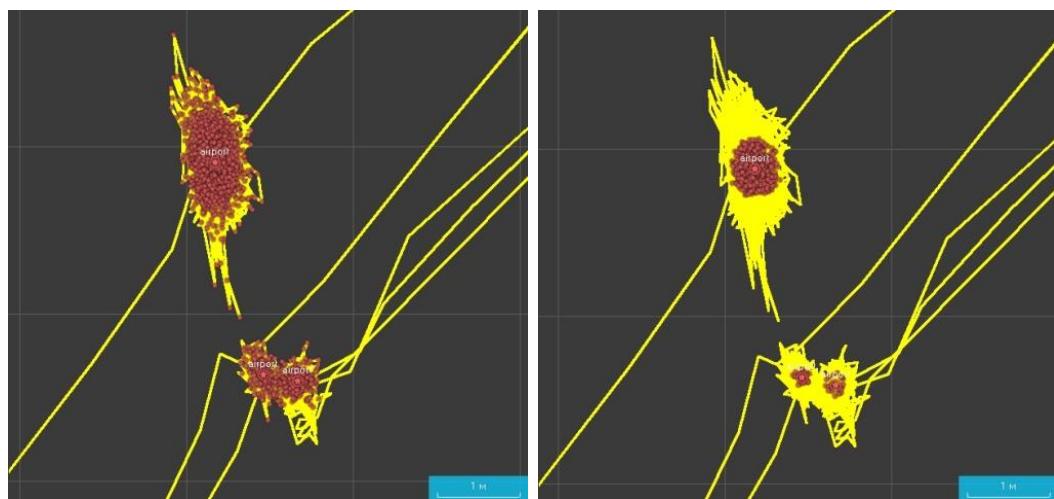


Рисунок 3.182 – Эпохи, участвующие в осреднении без фильтрации и с применением фильтра 3σ в 3 итерации

Указанные функции используются, в основном, для наземных геофизических работ.

3.5.3.6 Выполнение редукций

При обработке геофизических измерений существует задача редукций измерений (приведение точек траектории, соответствующих центрам антенн ГНСС к точкам центра измерительных геофизических датчиков) [12, 58]. В программе RouteEditor существует возможность выполнения редукций (кнопка), рисунок 3.183.

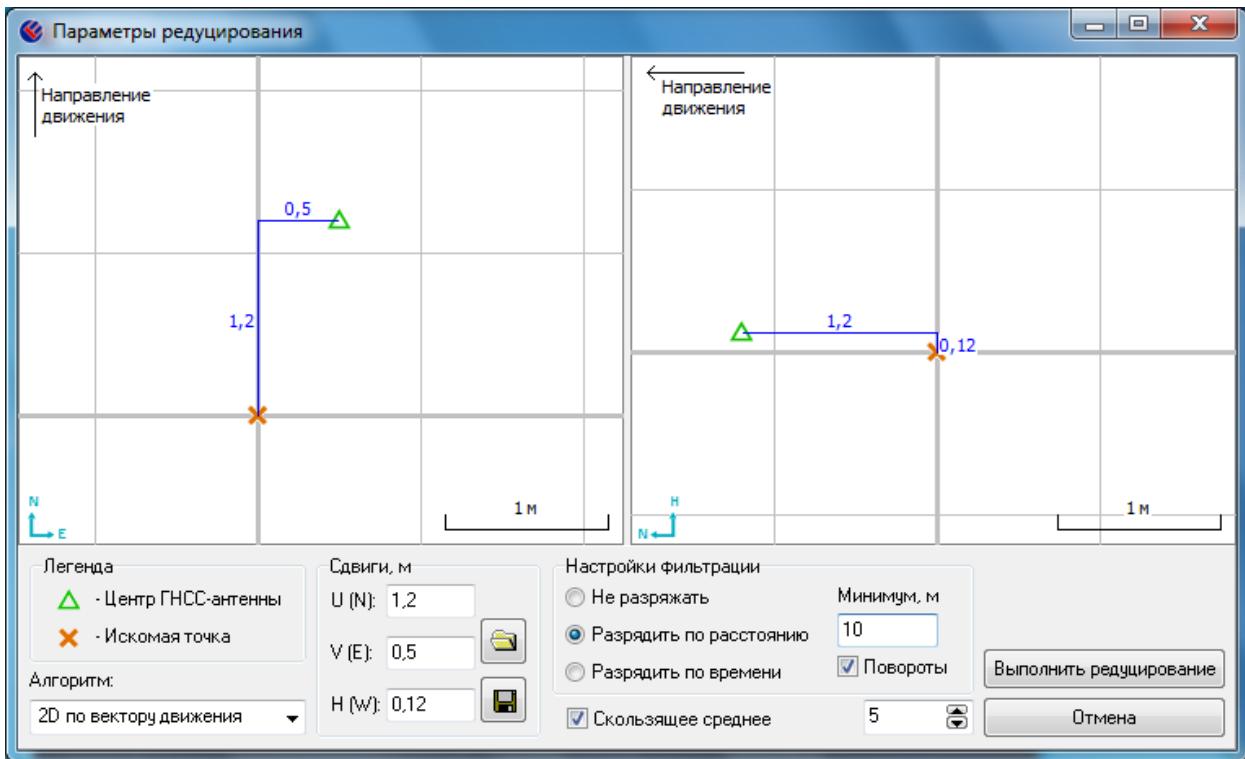


Рисунок 3.183 – Настройка расчета редукции траектории

Настраиваются линейные параметры редукции и источники углов.

Редуцирование выполняется по строгим или упрощенным формулам.

Строгие методы подразумевают точное определение элементов угловой ориентации в заданной системе координат и применение строгих формул. Это возможно только при импорте таблиц углов на моменты времени, соответствующие траектории. В RouteEditor используются углы Тэйта-Брайана (курса ψ , тангажа θ и крена ϕ), при которых поправки к координатам будут получены по формулам (один из вариантов для последовательности поворотов вокруг осей $x-y-z$) [125].

При отсутствии внешнего источника углов, используются углы, получаемые из траектории. При этом угол курса считается равным путевому углу, углы крена и тангажа - нулевыми.

Редуцированная траектория выводится другим цветом поверх исходной. О каждой точке редукции также можно узнать информацию, рисунок 3.184.

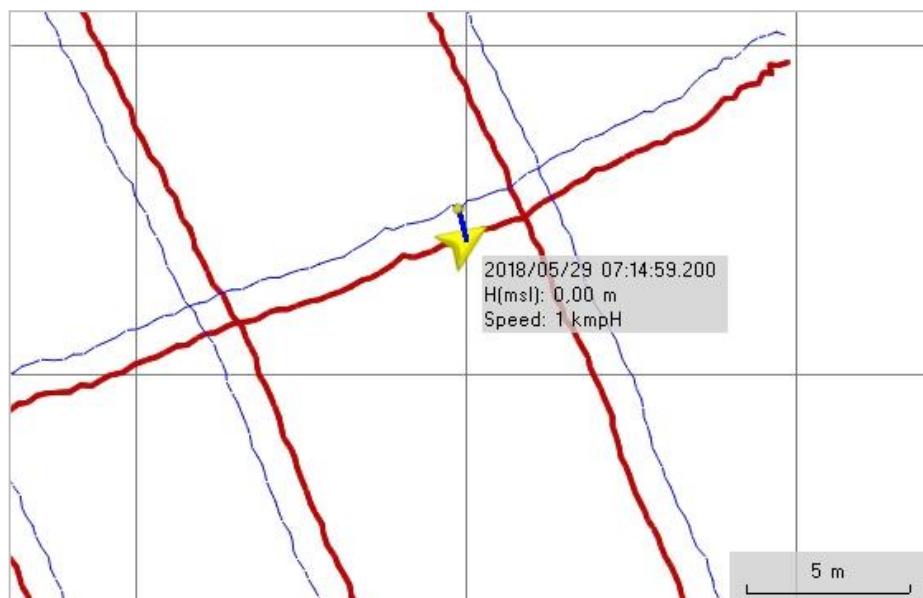


Рисунок 3.184 – Отображение редуцированной траектории

Определение угла курса по смещению может быть ошибочным для моментов остановок, а также при наличии шумов из-за высокой частоты измерений при невысокой скорости движения, рисунок 3.185.

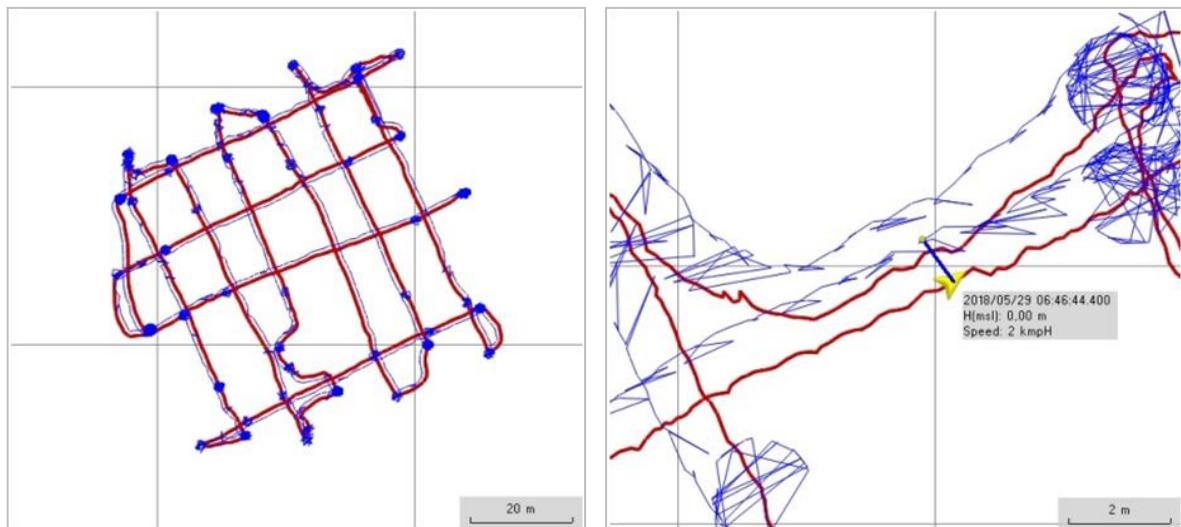


Рисунок 3.185 – Редукция точек траектории с ошибками, вызванными наличием «шума» и остановок

Для исправления данного эффекта в программе предусмотрена фильтрация, например, по расстоянию между точками (см. рис. 3.182). В этом случае измерения, по которым будут браться углы, прореживаются и результат получается более достоверным, рисунок 3.186.



Рисунок 3.186 – Редукция траектории с фильтрацией по расстоянию 2 м

Указанная функция также используется при обработке траекторий наземных геофизических работ.

3.6 Дополнительные возможности навигационного комплекса

3.6.1 Работа с двумя ГНСС-приемниками

В RouteNav имеется возможность подключения второго ГНСС-приемника. Его положение относительно основного приемника будет отображаться на карте-схеме в виде шестиугольника, рисунок 3.187.



Рисунок 3.187 – Отображение местоположения второго ГНСС-приемника

Данная функция позволяет контролировать местоположение выносных частей (прицепов, гондол) или удаленных объектов в реальном времени.

При сохранении файла NMEA в журнал наблюдений, к заголовку сообщения (в начале строки) будет добавляться пометка «!2».

3.6.2 Настройка ГНСС-приемников и других устройств в режиме терминала

Если устройство подключено успешно, существует возможность контролировать его функционирование в реальном времени и посыпать на него команды в текстовом формате или в виде шестнадцатеричного кода через специальную консоль (режим терминала).

Этот режим позволяет задавать настройки, например, спутниковым приемникам, лишенным независимой памяти. Самыми используемыми командами являются запросы изменения размер блоков передаваемых данных (например, с 9800 Bps на 115200 Bps) и частоты вывода NMEA-протокола (с 1 Гц на 5 Гц или 10 Гц).

Вызов консоли (режима терминала) осуществляется клавишей F5, повторное нажатие скрывает консоль, рисунок 3.188.

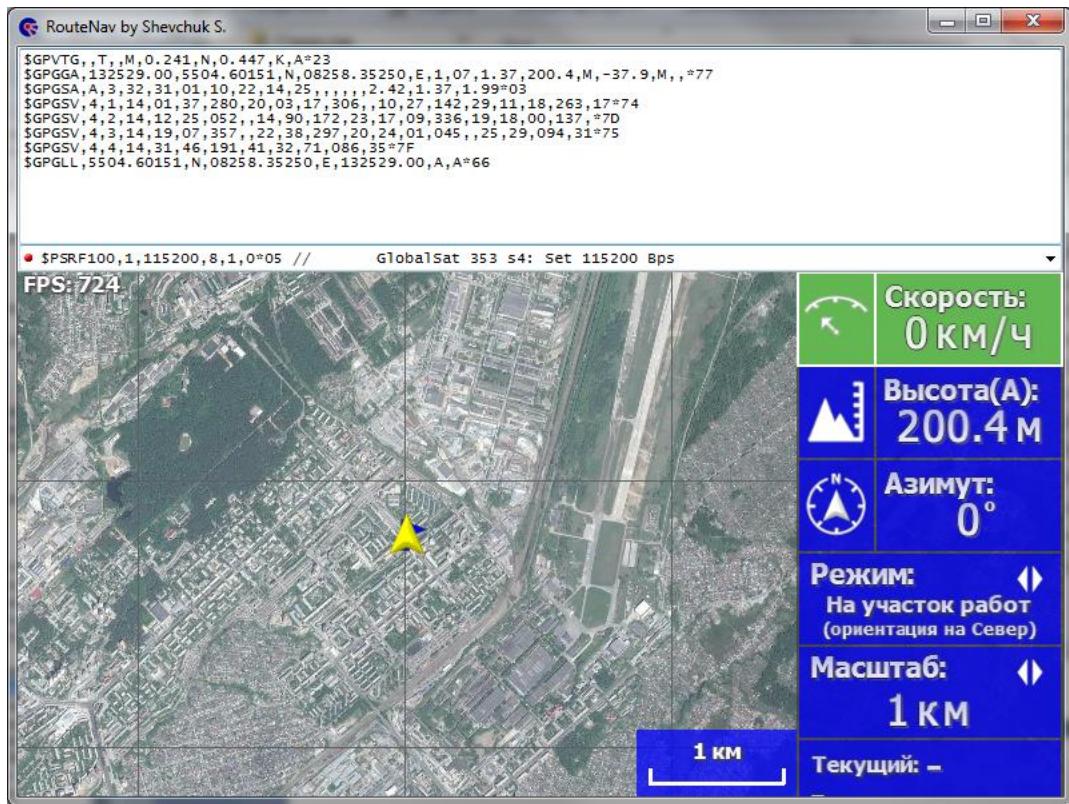


Рисунок 3.188 – Окно программы с открытой консолью связи с прибором

Консоль состоит из двух частей – окно приема данных и командная строка. В случае если подключены дополнительные устройства, верхняя часть делится на две половины.

Текст команд зависит от конкретной аппаратуры и содержится в её технической инструкции. При вводе команд следует учесть следующие правила:

- для ввода шестнадцатеричных (HEX) кодов следует добавлять символ «#» в начале строки (без кавычек);
- шестнадцатеричные коды могут вводиться как в виде отдельных пар символов, разделенных пробелами, так и с префиксами вида «0x», например:

B5 62 06 08

0xB5 0x62 0x06 0x08

- после текста команды может быть добавлен комментарий (после пробела и двойного прямого слеша « // »);
- если добавить ключ «!AUX» в начало или конец команды (в том числе, в закомментированную часть), команда будет отправлена не на основной СОМ-порт, а на дополнительный (AUX) порт, к высотомерам и/или второму приемнику ГНСС. При этом сохранится ключ перехода к шестнадцатеричному формату. Пример:

```
!AUX # B5 62 06 08 // Commented part  
# B5 62 06 08 // Commented part !AUX
```

- для отправки команды, после ее введения необходимо нажать Enter.

Команды могут быть введены пользователем или выбраны из автоматического списка, хранящегося в папке *Data\Cmds.loc* рабочего каталога программы. Список может быть расширен пользовательскими командами.

3.6.3 Скрипты настройки устройств

В программе также доступна возможность выполнения скрипта при инициализации программы (после загрузки всех данных и поиска устройств).

Главная задача, решаемая скриптами – автоматическая настройка внешних устройств при подключении к ним. Например, установка необходимой скорости передачи данных, периода вывода координат и частоты опроса ГНСС-приемника. Как правило, эти настройки могут сбрасываться при длительном простое аппаратуры или при отключении питания (особенно актуально для бюджетных GPS-приемников).

Скрипт загружается из файла, указанного в настройках соединения с приемником, рисунок 3.189. В мастере создания проекта полета (см. п. 3.2.2.1) файл скрипта указывается в меню «Главные настройки».

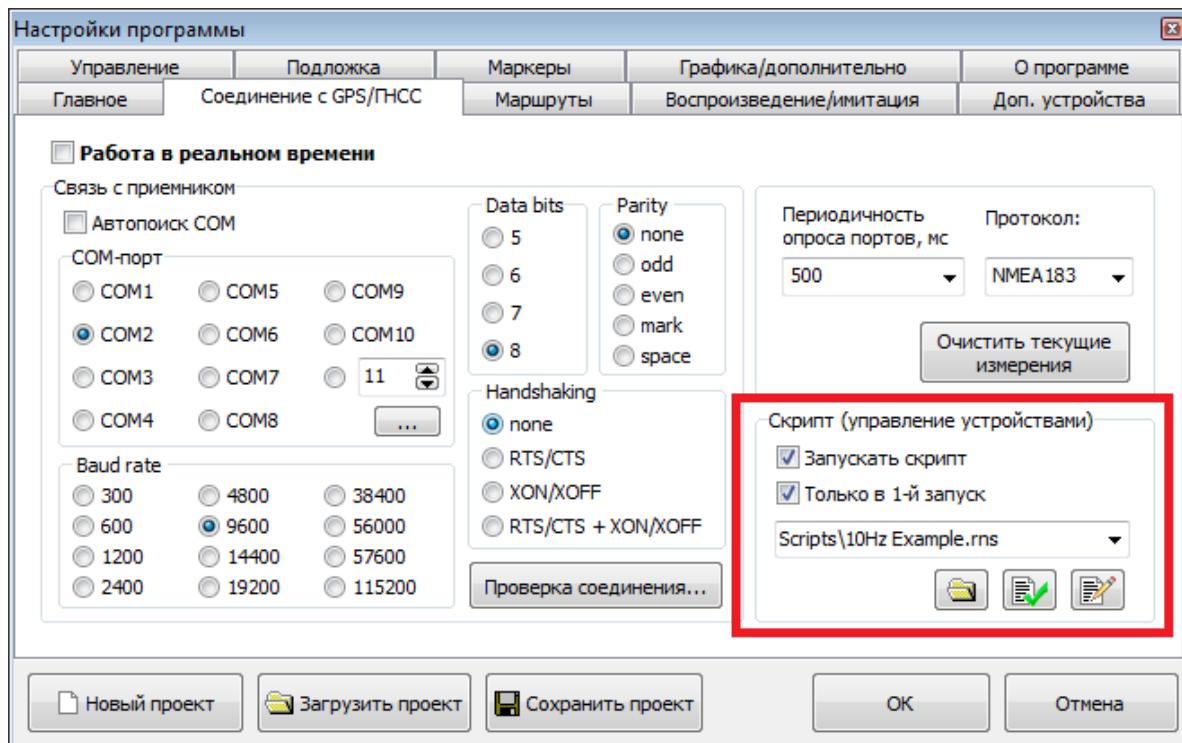


Рисунок 3.189 – Выбор файла скрипта

Файл скрипта относится к настройкам проекта полета и должен быть передан вместе с остальными файлами на ПК оператора.

Скрипт представляет собой последовательность команд, выполняемую программой при запуске проекта полета. Выполнение команд может выполняться с предусловием. Имеются операторские скобки «Begin» и «End» по аналогии с языком программирования Pascal. Код регистрационезависим.

Язык содержит команды, приведенные в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Команды скриптового языка настройки устройств

Команда	Описание
Действия	
LoadScript	загрузить файл скрипта. Данная команда может использоваться после условия. При открытии скрипта, текст будет заменен на содержимое файла, указанного в качестве параметра. Директория задается абсолютной, либо относительно папки приложения RouteNav.
SendCom	отправить команду на устройство GPS (ГНСС). Команды могут отличаться в зависимости от производителя и типа платы приемника. Чтобы отправить HEX-код, в начале строки параметра должен стоять символ "#" (без кавычек)
SetBps	установить BaudRate COM/USB порта для устройства GPS (ГНСС)
SetFrequency	установить периодичность опроса устройства GPS (ГНСС). Параметр задается в микросекундах (1000 мс - опрос 1 раз в секунду)
TestRX	проверка сообщения с устройства GPS (ГНСС). Первый параметр – предельное время ожидания, второй – текст ожидаемого сообщения. Как только ожидаемая строка получена – проверка прекращается и считается успешной. При истечении времени ожидания измененные настройки сбрасываются
SendAUXCom	отправить команду на устройство AUX. Команды могут отличаться в зависимости от аппаратуры. Чтобы отправить HEX-код, в начале строки параметра должен стоять символ "#" (без кавычек)
SetAUXBps	установить BaudRate COM/USB порта для устройства AUX
SetAUXFrequency	установить периодичность опроса устройства AUX. Параметр задается в микросекундах (1000 мс - опрос 1 раз в секунду)
TestAUXRX	проверка сообщения с устройства AUX. Первый параметр – предельное время ожидания, второй – текст ожидаемого сообщения. Как только ожидаемая строка получена – проверка прекращается и считается успешной. При истечении времени ожидания измененные настройки сбрасываются.
Условия	
If Name Has	условие выполняется, если имя устройства GPS (ГНСС) содержит (Has) или не содержит (Not) строку параметра
If Name Not	
If Name Is	условие выполняется, если имя устройства GPS (ГНСС) совпадает со строкой параметра
If Frequency Is	условие выполняется, если периодичность опроса устройства GPS (ГНСС) равно (is) или не равно (not) параметру
If Frequency Not	
If Frequency >	условие выполняется, если периодичность опроса устройства GPS (ГНСС) больше или меньше параметра (в зависимости от оператора)
If Frequency <	
If Bps Is	условие выполняется, если BaudRate COM/USB порта для устройства GPS (ГНСС) равно (Is) или не равно (Not) параметру
If Bps Not	
If Bps >	условие выполняется, если BaudRate COM/USB порта для устройства GPS (ГНСС) больше или меньше параметра
If Bps <	
If NameAUX Has	условие выполняется, если имя устройства AUX содержит (Has) или не содержит (Not) строку параметра
If NameAUX Not	

Продолжение табл. 3.4

If NameAUX Is	условие выполняется, если имя устройства AUX совпадает со строкой параметра
If FrequencyAUX Is If FrequencyAUX Not	условие выполняется, если периодичность опроса устройства AUX равно (is) или не равно (not) параметру
If FrequencyAUX > If FrequencyAUX <	условие выполняется, если периодичность опроса устройства AUX больше или меньше параметра
If BpsAUX is If BpsAUX Not	условие выполняется, если BaudRate COM/USB порта для устройства AUX равно (is) или не равно (not) параметру
If BpsAUX > If BpsAUX <	условие выполняется, если BaudRate COM/USB порта для устройства AUX больше или меньше параметра
Операторские скобки и комментарии	
Begin	операторские скобки: начало
End	операторские скобки: конец
//	комментарий – любые пояснительные заметки (параметр).

К программе прилагается редактор скриптов (кнопка ) , облегчающий их написание и содержащий описание для всех команд и операторов, рисунок 3.190.

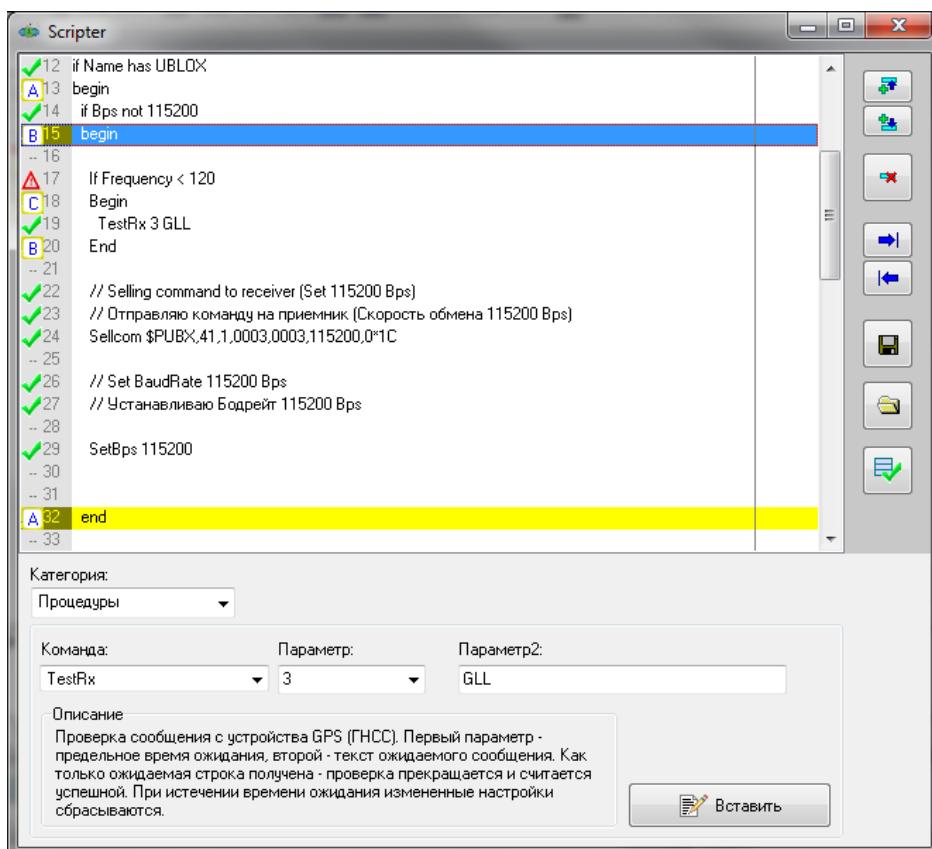


Рисунок 3.190 – Редактор скриптов

В редакторе имеется возможность проверить корректность полученного скрипта для исключения ошибок программирования. Кроме того, файлы скриптов могут загружаться один из другого.

Все команды скриптов регистрационезависимы. В процессе выполнении скрипта, исполняемая строка выделяется для облегчения контроля.

Рекомендуется заканчивать скрипты проверкой результата – командой TestRX.

При запуске программы (а так же каждый раз при активации рабочего окна) скрипт будет пошагово выполняться. Окно скрипта будет открыто, пока скрипт выполняется и три секунды после его завершения (для возможности изучения результатов).

Окно выполнения скрипта показано на рисунке 3.191.

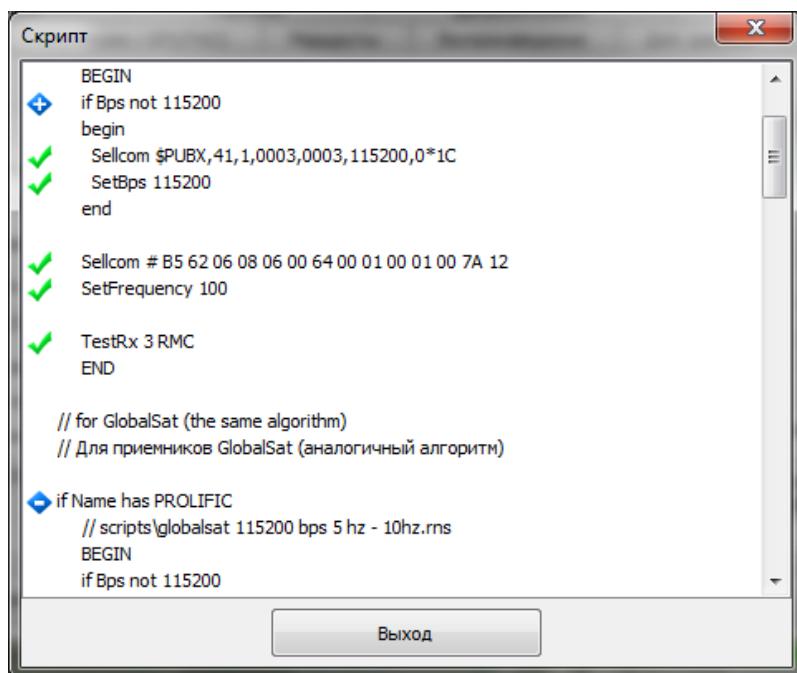


Рисунок 3.191 – Окно выполнения скрипта

В зависимости от успеха выполнения команды и корректности синтаксиса, напротив стоки появляется соответствующая иконка. Расшифровка иконок приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Описание иконок выполнения команд скрипта

Иконка	Описание
	Команда выполнена
	Условие выполнено
	Условие не выполнено
	Ошибка синтаксиса
	Команда не выполнена (для TestRX это также означает сброс изменений)
	Команда в процессе выполнения (таймер)
	Команда пропущена (запрашиваемый порт не активен)

В каталоге Scripts директории программы RouteNav даны несколько шаблонов скриптов, подходящие для кодовых приемников на базе плат MTK3333, Ublox 6.x – 8.x и SiRF IV.

4 Инструктирование членов экипажа воздушного судна

Экипаж должен быть ознакомлен с:

- Правилами использования навигационного комплекса (приведены ниже);
- Интерфейсом программы RouteNav;
- Принципами связи между оператором и пилотами (формулируются по усмотрению оператора).

При наличии необходимых технических средств (интерактивного экрана в кабине пилотов), экипаж также может управлять программой.

При использовании НК на основе RouteNav необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- 1) **Приоритет штатной аппаратуры.** Летательный аппарат, как правило, оснащен более продвинутой аппаратурой. В случае подозрений сбоев программы следует ориентироваться по приборам.
- 2) **Обязательная предварительная проверка функционирования всех элементов НК.** Перед каждым вылетом необходимо убедиться, что вся аппаратура НК подключена и функционирует.
- 3) **Ознакомительный маршрут.** В случае первого знакомства экипажа с программой рекомендуется выполнить ознакомительный залет или выдерживание специального ознакомительного маршрута.
- 4) **Демонстрация сохраненного или имитированного полета.** При ознакомлении экипажа с программой рекомендуется воспроизвести пример полета.

Рекомендуется подготовить материалы для информирования членов экипажа.

В качестве образца может выступать памятка формата А3 или А4 (прилагается к программе в форматах *.pdf и *.pptx), рисунок на развороте. При необходимости, подписи могут быть переведены на нужный язык.

В случае необходимости сотрудниками ЗАО «Аэрогеофизическая разведка» может проводится обучение персонала (в первую очередь, операторов-геофизиков и членов экипажа) использованию навигационного комплекса, в том числе, с участием непосредственных разработчиков системы, рисунок 4.2.



Рисунок 4.2 – Обучение персонала работе с навигационным комплексом

Заключение

В данном пособии приведены подробные рекомендации по использованию навигационного комплекса на основе программного комплекса RouteNav.

Рассмотрены теоретические и практические аспекты навигационного сопровождения, детально описаны функции программ и обращение к ним посредством интерфейса.

Существующая технология навигационного обеспечения аэрогеофизических работ посредством предложенного навигационного комплекса должна в значительной мере облегчить процесс подготовки, выполнения и обработки аэрогеофизических исследований и повысить качество и надежность их выполнения, в том числе, за счет функций контроля в реальном времени и после выполнения полета.

Программа продолжает дорабатываться, коллектив ЗАО «Аэрогеофизическая разведка» будут признателен пользователям ПО за рекомендации и замечания. Электронный адрес для приема писем: info@aerosurveys.ru.

Список литературы

- 1 Инструкция по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геологоразведочных работ [Текст]. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1997. – 106 с.
- 2 Прихода, А.Г. GPS-технология геодезического обеспечения геологоразведочных работ: Методические рекомендации / А.Г. Прихода, А.П. Лапко, Г.И. Мальцев, И.А. Бунцев /Науч. ред. А.Г. Прихода. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 2008. – 274 с.
- 3 Глаголев, В. А. Спутниковое навигационно-геодезическое обеспечение геолого-геофизических исследований [Текст] / В. А. Глаголев. – СПб.: ВИРГ-Рудгеофизика, 2000. – 116 с.
- 4 Глаголев, В. А. Спутниковое навигационно-геодезическое обеспечение геофизических измерений в движении [Текст] / В. А. Глаголев.– СПб.: ВИРГ-Рудгеофизика, 2003.– 104 с.
- 5 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.
- 6 Тригубович, Г. М. Навигационно-геодезическое обеспечение аэрогеофизических исследований [Текст] / Г. М. Тригубович, С. О. Шевчук, А. А. Белая [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2013. – № 2. – С.61–69.
- 7 Руководство по съемочным полетам [Текст].– М.: Воздушный транспорт, 1977.– 144 с.
- 8 CCNS-5 / IGI – Integrated Geospatial Innovations [Electronic Resource] Режим доступа: <http://www.igi-systems.com/ccns-5.html> – Англ.
- 9 Жодзишский, П.Ю. Повышение эффективности выполнения аэрогеофизических исследований [Текст] П.Ю. Жодзишский, В.А. Пухов // Геопрофи. – 2010. – № 2. – С. 23 –25.
- 10 Технологии / ООО «Геолого-геофизическая компания» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.geogk.ru/rus/technologies.shtml>
- 11 Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст] В 2 т. Т.-1. Монография/ К.М. Антонович; - М.: Картгеоцентр, 2005. – 334 с.
- 12 Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст] В 2 т. Т.-2. Монография/ К.М. Антонович; - М.: Картгеоцентр, 2006. – 360 с.
- 13 Серапинас, Б. Б. Глобальные системы позиционирования: учеб. пособие / Б. Б. Серапинас. – М.: ИКФ Каталог, 2002. – 106 с.
- 14 Hofmann-Wellenhof, B. GNSS - Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo and more [Текст] / B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, E. Wasle – Wien, New-York: Springer. – 2008. – 516 p. – Англ.

- 15 Leick, A. GPS Satellite Surveying [Текст] / A. Leick. – New York: A Willey-Interscience Publication. – 1995. – 560 p. – Англ.
- 16 Bisnath, S. Precise Point Positioning – A Powerful Technique with a Promising Future [Text] / S. Bisnath, Y. Gao // GPS World. – 2009. – No. 4. – P. 43–50. – Англ.
- 17 Chasagne, O. One centimeter accuracy with PPP [Text] / O. Chasagne // Inside GNSS. – 2012. – No 2. – P. 49–54. – Англ.
- 18 Melgard, T. Pulling in All Signals – PPP with GPS and Glonass: The new G2 [Text] / T. Melgard, E. Vigen, O. Orpen and others. – GPS World. – 2010. - № 3. – P. 28-35. – Англ.
- 19 GNSS Data PostProcessing / GPS and GNSS Equipment, Products And Solutions – NovAtel [Electronic resource] Режим доступа: <https://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-5-resolving-errors/gnss-data-post-processing/> – Англ.
- 20 ГОСТ 32453-2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. – М: Стандартинформ, 2013. - 19 с.
- 21 Канушин, В.Ф. Определение разности потенциалов силы тяжести и высот в геодезии посредством гравиметрических и спутниковых измерений [Текст] / В. Ф. Канушин, А.П. Карпик, Д.Н. Голдобин и др. // Вестник СГУГиТ – 2015. – Вып. 3 (31): Новосибирск. СГУГиТ, 2015. – С. 45 – 52.
- 22 Pavlis N. K., Holmes S. A., Kenyon S. C., Factor J. K. An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008 / EGU General Assembly 2008. – Vienna, Austria, April 13–18, 2008. – Англ.
- 23 Непоклонов, В. Б. Об использовании новых моделей гравитационного поля Земли в автоматизированных технологиях изысканий и проектирования // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования, № 3 (34), с. 28 – 35, 2009 г.
- 24 Кузин, В. И. Фотограмметрический способ и устройство для определения истинной высоты выносной вертолётной платформы аэрогеофизического комплекса «Импульс-Аэро» [Текст] / В. И. Кузин, С. О. Шевчук, В. Н. Никитин // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2013. – № 4/С. – С. 86–92.
- 25 Experimental Avionics / Garmin International [Electronic resource] Режим доступа: <https://buy.garmin.com/EN-US/US/clnTheAir-c10260-p1.html> – Англ.
- 26 Системы параллельного вождения / ООО «ЛТЦ Аэросоюз» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.aerounion.ru/production/agronavigatory>
- 27 Цыганов, В.А. Современные аэрогеофизические технологии как основа геологических и прогнозно-минерагенических карт нового поколения [Текст] В.А. Цыганов, Р.С. Контарович, В.Е. Могилевский, В.В. Голубков, В.М. Керцман // Сб. научных трудов «Конгресс выпускников

геологического факультета МГУ 26 мая 2004 г.». М. МГУ.– 2004.– С. 151–158.

28 Цыганов, В.А. Новые данные о геологическом строении территории Мезенской синеклизы и ее перспективах на углеводороды (по результатам высокоточной аэромагнитной съемки) [Текст] // научно-технический журнал Георесурсы.- 2006. - № 1 (18).– С. 2-8.

29 Пат. 2592042 Российская Федерация МПК51 GO1C 11/04 GO1V 3/16 Способ оптимизации траектории подвижного объекта при проведении аэрогеофизической разведки и устройство для его осуществления [Текст] / Г.М. Тригубович, С.О. Шевчук, В.Н. Никитин; заявители и патентообладатели: Акционерное общество «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», Закрытое акционерное общество «Аэрогеофизическая разведка» - 2015111497/28; заявл. 30.03.2015; опубл. 20.07.2016 – Бюл. 20.

30 Российская Федерация. Законы. О навигационной деятельности [Текст]: федер. закон N 22-ФЗ [принят Гос. Думой 30 янв. 2009 г.].– М., 2009. – 4 с.

31 GlobalSat: GPS-приемники / GlobalSat [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.globalsat.ru/catalog/gps-priemnik>

32 GNSS Products / LOCOSYS [Electronic resource] Режим доступа: <https://www.locosystech.com/en/category/GNSS-Mouse-Receiver.html>

33 GMouse USB/DB9/Microfit 3.0/Audio TTL or RS232 / Skylab [Electronic resource] Режим доступа: <https://skylabmodule.com/g-mouse/> – Англ.

34 Home / U-blox [Electronic resource] Режим доступа: <https://ublox.com> – Англ.

35 Mediatek – Semiconductor technologies / Mediatek [Electronic resource] Режим доступа: <https://www MEDIATEK.com> – Англ.

36 Download Slashtop WiredXDisplay / Slashtop WiredXDisplay [Electronic resource] Режим доступа: <https://www.slashtop.com/wiredxdisplay> – Англ.

37 OGP: Coordinate conversions and transformations Including formulas [Text] Geomatics Guidance Note, OGP Geomatics Comitee. London. – OGP Publication 373-7-2. – July 2014.– No 7, Part 2. – Англ.

38 Pricing and Plans / Google Maps Platform [Electronic resource] Режим доступа: <https://developers.google.com/maps/pricing-and-plans/> – Англ.

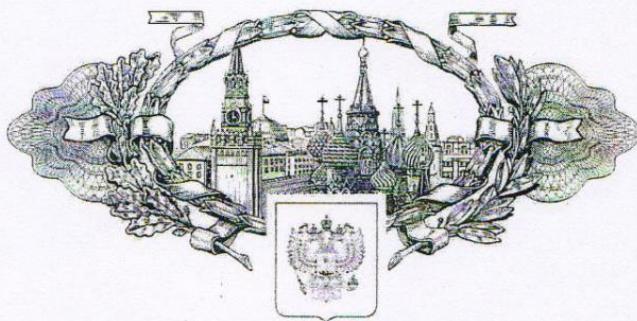
39 Обзор Static API – Технологии Яндекса [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://tech.yandex.ru/maps/doc/staticapi/1.x/concepts/about-docpage/>

40 La Ville S. Planning Algorithms [Text] Cambridge University Press, 2006. – 1008 p.– Англ.

41 ICGEM International Center for Global Earth Models [Electronic resource] Режим доступа: <http://icgem.gfz-potsdam.de> -Англ.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Свидетельство о регистрации программы RouteNav

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2017614500

Программа для навигационного обеспечения
аэрогеофизических работ RouteNav

Правообладатель: Закрытое акционерное общество
«Аэрогеофизическая разведка» (RU)

Авторы: Шевчук Станислав Олегович (RU),
Барсуков Сергей Владимирович (RU)

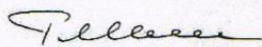
Заявка № 2017610050

Дата поступления 09 января 2017 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 18 апреля 2017 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ильин



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Список научных публикаций, посвященных применению ПО RouteNav

- 1 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.
- 2 Тригубович, Г.М. Комплексная технология навигационного и геодезического обеспечения аэроэлектромагнитных исследований [Текст] / Г.М. Тригубович, С.О. Шевчук, Н.С. Косарев, В.Н. Никитин / Гирoscopия и Навигация. – 2017. – № 1 (96) – С. 93-107. [DOI 10.17285/0869-7035.2017.25.1.093-107]
- 3 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. [DOI: 10.1134/S2075108717030087]
- 4 Шевчук, С.О. Программа для навигационного обеспечения аэрогеофизических работ RouteNav / Вестник СГУГИТ. – 2017. – №4. (22). – С. 113-125.
- 5 Тригубович, Г.М. Технология навигационно-геодезического обеспечения аэрогеофизических исследований с вертолетной разведочной платформой серии «Импульс-А» [Текст] / Г.М. Тригубович, С.О. Шевчук, Н.С. Косарев, В.Н. Никитин / Геофизика. – 2018. – №6 – С. 65-72.
- 6 Шевчук, С.О. Применение навигационной программы RouteNav для маршрутизации геофизических съемок на железных и автомобильных дорогах [Текст] / С. О. Шевчук, О. Н. Лыско, С. В. Барсуков // Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 19–20 октября 2017 г.) : в 3 ч. Ч. 1. – Новосибирск : Изд-во СГУПСа, 2018. - С. 76-83.
- 7 Шевчук, С.О. Применение навигационного комплекса на основе программы RouteNav при выполнении аэрогеофизических работ [Текст] / С. О. Шевчук, С. В. Барсуков // Геопрофи.- 2018.- №2.- С. 40-43.
- 8 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.
- 9 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.

10 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 СГУПСа, 2019. № 1 (48). – С. 63–72.

11 Шевчук, С. О. Восстановление траектории движения центров измерительных антенн электромагнитной сканирующей системы [Текст] С. О. Шевчук, В. Н. Никитин, Н. С. Косарев, А. В. Кукин, К. В. Киселев // 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. 44 - 53. [DOI: 2618-981X-2019-1-1-44-53]

12 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. [DOI: 2618-981X-2019-1-1-54-61]

13 Шевчук, С. О. Повышение эффективности навигационного обеспечения аэрогеофизической съемки [Текст] С. О. Шевчук, С. В. Барсуков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVI Междунар. науч. конгр., 18 июня – 8 июля 2020 г., Новосибирск: сб. материалов в 8 т. Т. 1 : Национальная науч. конф. с международным участием «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. № 2.- С. 140-149. [DOI: 10.33764/2618-981X-2020-1-2-140-149]

14 Шевчук, С. О. Отображение навигационной информации при выполнении пилотируемых съемочных работ [Текст] / С. О. Шевчук, О. Н. Лыско // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – Новосибирск : СГУПС, 2021. № 2 (57).- С. 70-76 [DOI 10.52170/1815-9265_2021_57_70].

15 Шевчук, С. О. Автоматизация решения геодезических задач полевой геофизики [Текст] С. О. Шевчук, Е. С. Черемисина, В. Н. Никитин, Ю. М. Зюзин, А. Х. Мелеск, С. В. Барсуков //Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVII Междунар. науч. конгр., 19–21 мая 2021 г., Новосибирск [Текст] : сб. материалов в 8 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – С. 225 – 239. [DOI: 10.33764/2618-981X-2021-1-225-239].

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Практические задания для обучения работе с RouteNav

I Воспроизведение демонстрационных примеров полетов

Пример 1. Выполнение полета петлями

Краткое описание:

В примере дана запись экспериментального выезда, выполнявшегося при тестировании первых версий RouteNav в 2016 году. Заезд осуществлялся на территории новосибирского выставочного центра.

Расположение файлов:

Examples\Ex-1

Настройки проекта:

Главные:

Режим работы: Воспроизведение (эмуляция полета);

Авторежим: нет (настройки по умолчанию).

Подложка: нет

Маркеры: нет

Доп. данные: нет

Воспроизведение:

Файл GPS-измерений: 2016-09-02.gps

Подгрузить файлы продолжений: нет;

Содержит доп. данные: нет.

Маршруты:

Файл маршрутов: expo_new_95_5_WGS.txt

Система координат: WGS-84;

Проекция: нет (Широта-долгота);

Разделители: Tab;

Предельная дистанция, м: 5;

Порядок прохождения: Петлями (шаг i = 6).

Последовательность выполнения примера

- 1) Откройте RouteNav и перейдите из главного меню к созданию нового проекта, рисунок В.1.

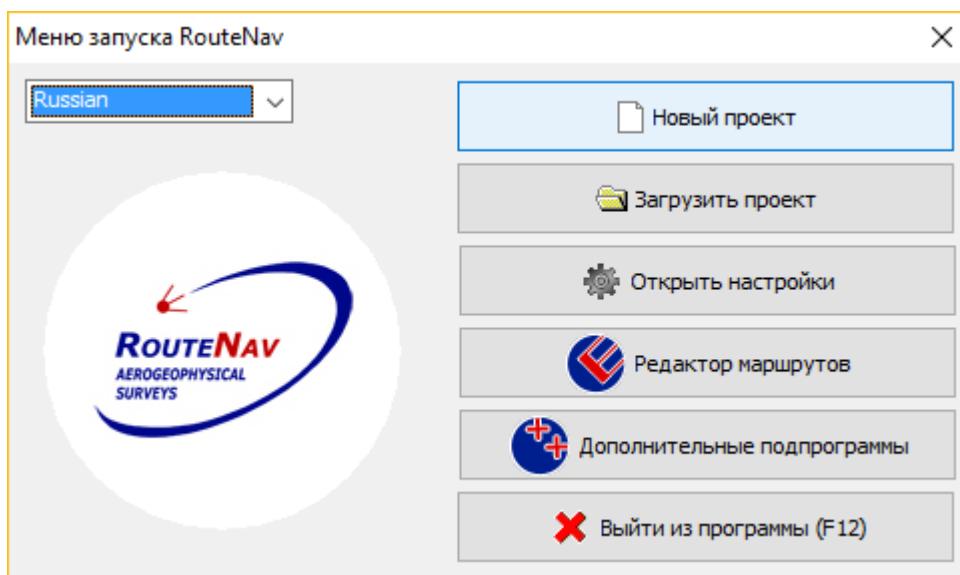


Рисунок В.1 – Главное меню RouteNav

- 2) В мастере создания проекта укажите имя создаваемого файла настроек (под проекты можно завести отдельную папку).
- 3) В главных настройках проекта выберите режим «Воспроизведение (эмulation) полета», рисунок В.2.

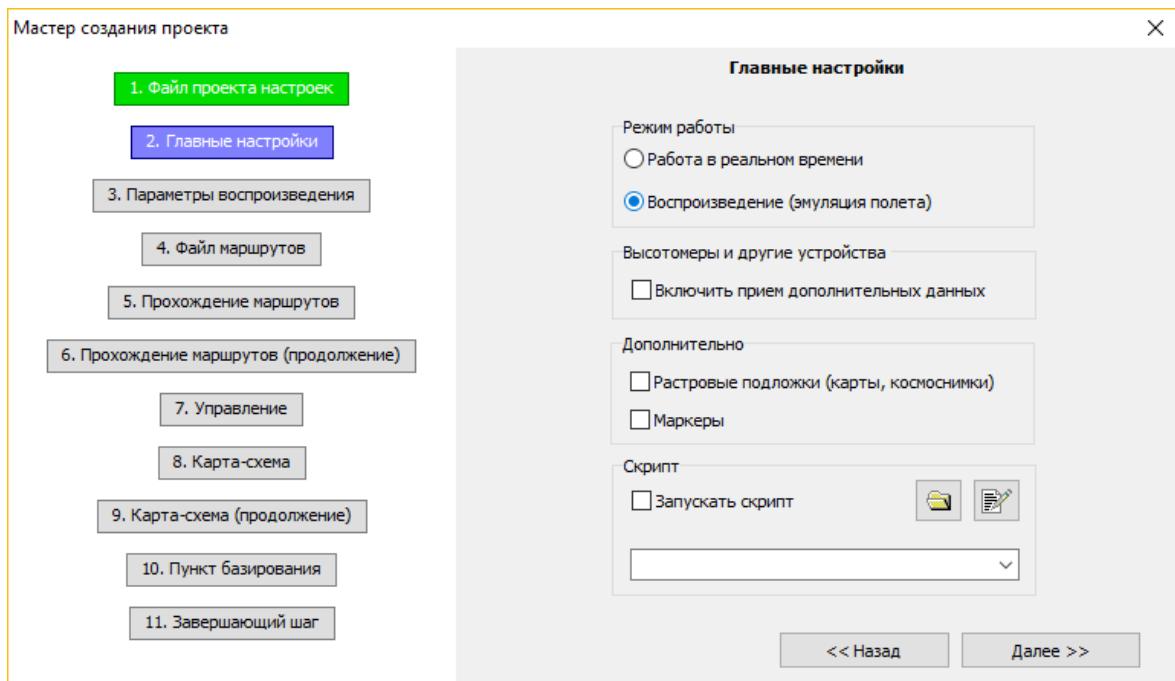


Рисунок В.2 – Главные настройки при создании проекта для Примера 1

- 4) В параметрах воспроизведения выберите файл из папки с программой, подпапка Examples\Ex-1, рисунок В.3.

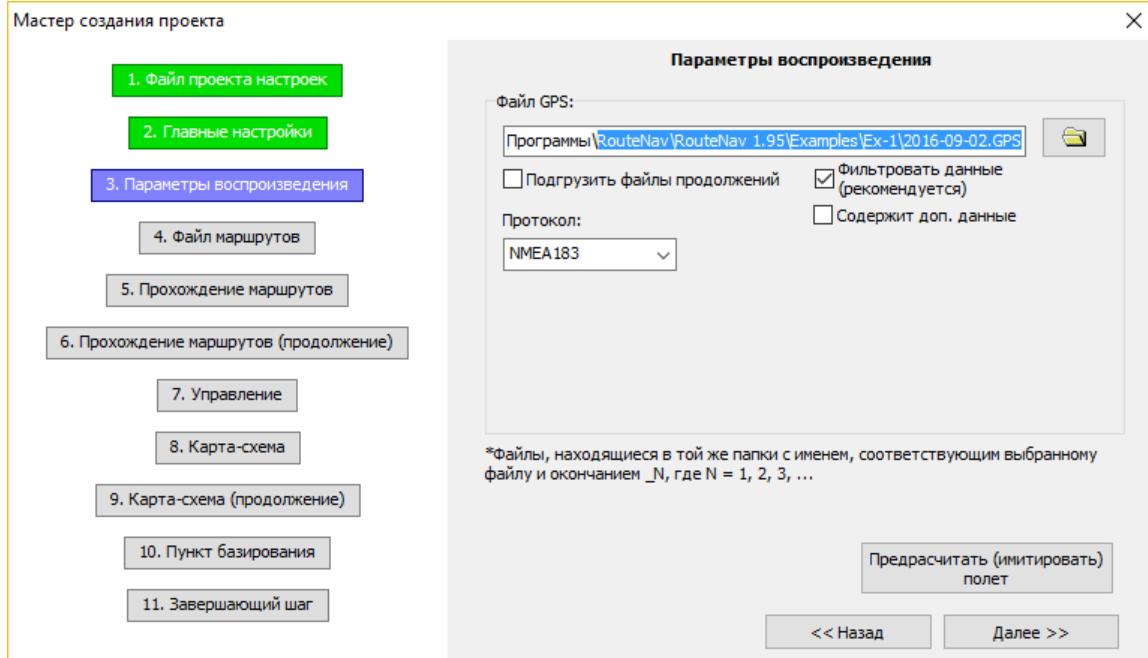


Рисунок В.3 – Выбор файла воспроизведения

5) Файл маршрутов импортируйте из текстового формата из той же папки. Обратите внимание на настройки при импорте, рисунок В.4.

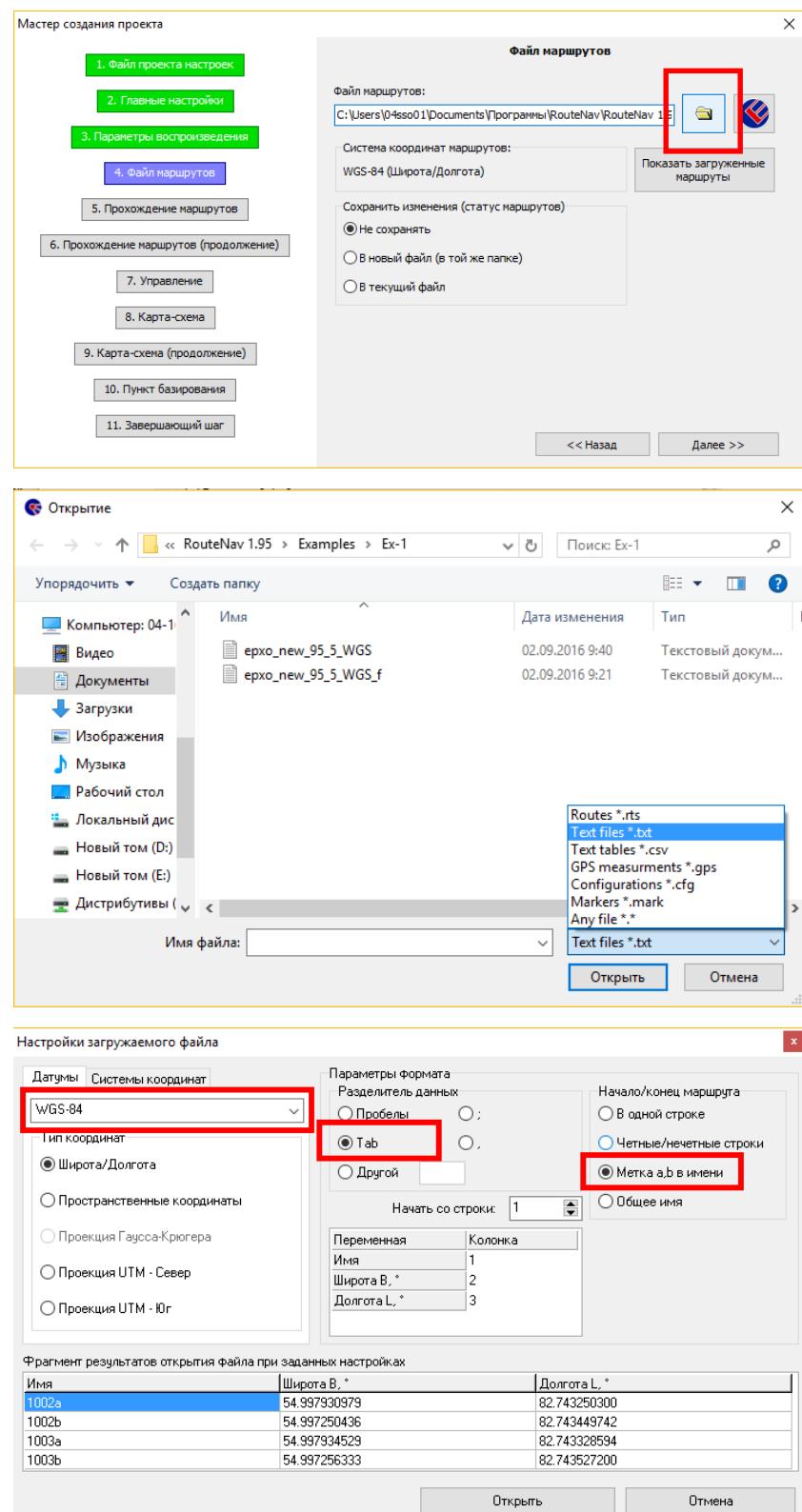


Рисунок В.4 – Импорт маршрутов из текстового файла

- 6) В настройках прохождения проектов укажите порядок «Петлями» с шагом $i = 6$, рисунок В.5.

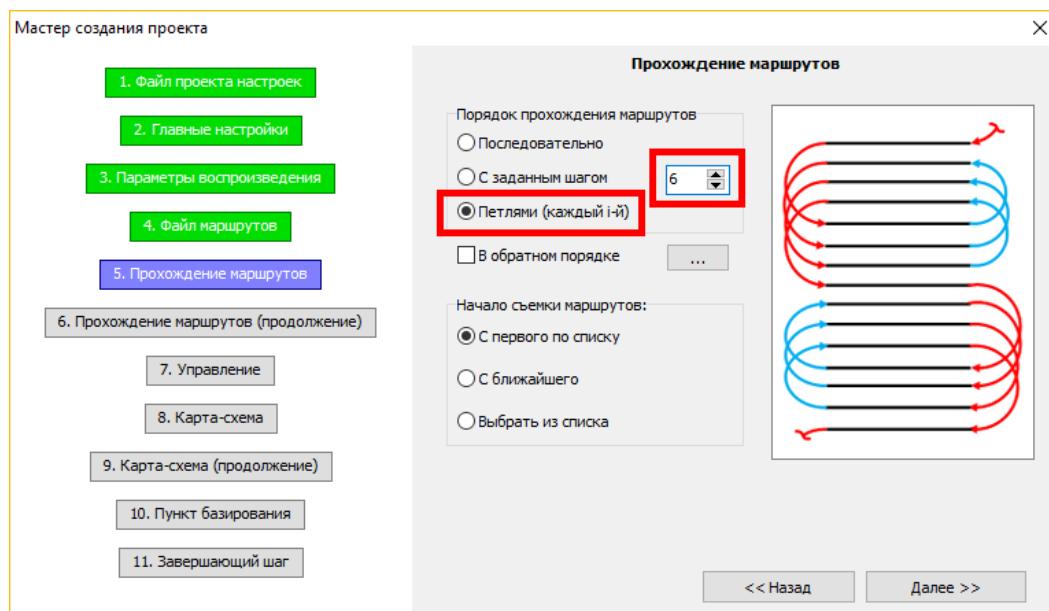


Рисунок В.5 – Настройка порядка прохождения маршрутов

- 7) Настройте пределы выдерживания маршрутов, рисунок В.6.

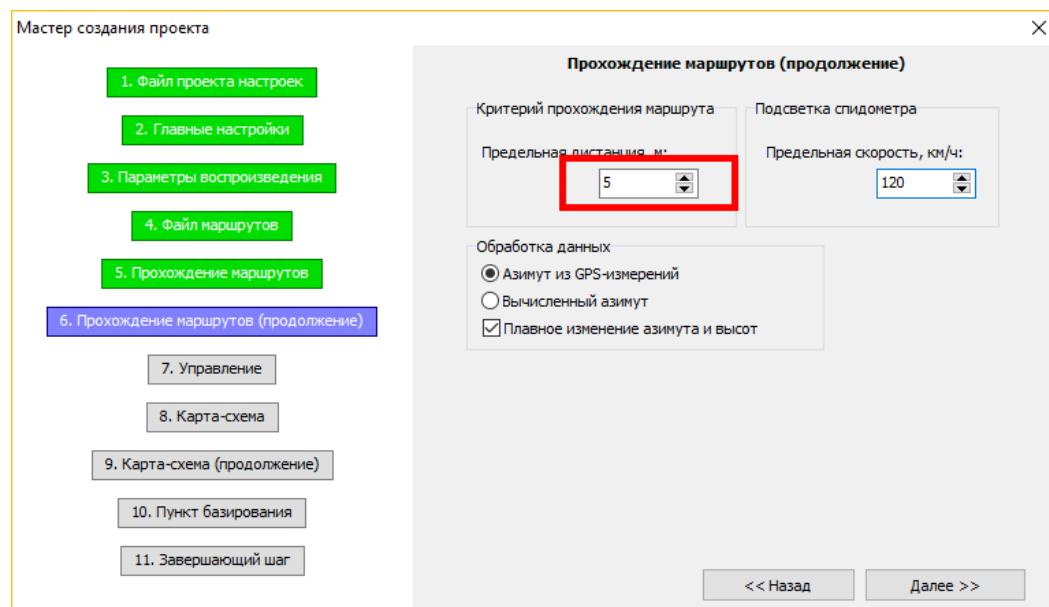


Рисунок В.6 – Настройка пределов уклонений

- 8) Настройте остальные параметры по Вашему усмотрению
- 9) Запустите проект, воспроизведите со скоростью не более x16, рисунок В.7

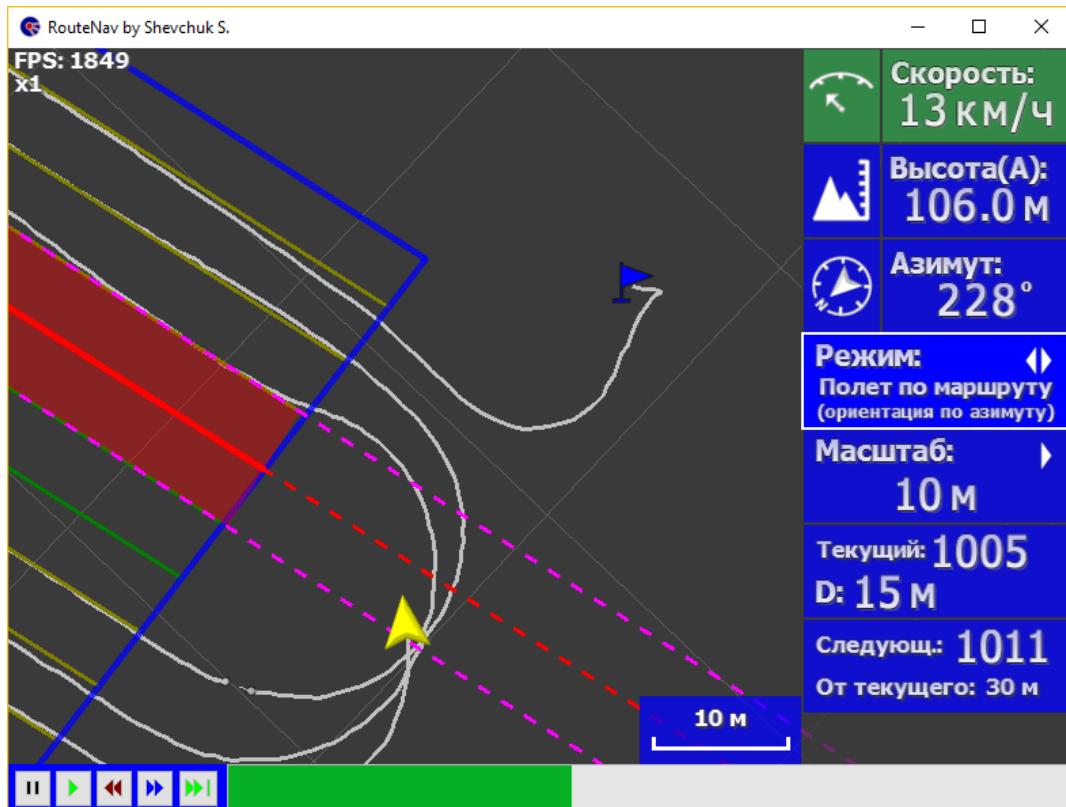


Рисунок В.7 – Воспроизведение Примера 1

Пример 2. Последовательный полет по маршрутам с растровой подложкой

Краткое описание:

В примере приведен файл записи данных аэрогеофизической съемки (многометодный съемочный комплекс с выносной электромагнитной платформой «Импульс-Аэро», носитель – вертолет МИ-8) в Якутии на р. Юлегир, выполнявшейся до внедрения RouteNav. При пилотировании имеют место ошибки заходы на маршруты. В середине сеанса пилот возвращается на дозаправку на пункт базирования.

Расположение файлов:

Examples\Ex-2

Настройки проекта:

Главные:

Режим работы: Воспроизведение (эмуляция полета);

Авторежим: ДА (настройки по умолчанию).

Подложка: ДА, готовые файлы asdb;

500k--p49-1_2.gif

500k—p50-1_2.gif

Маркеры: нет

Доп. данные: нет

Воспроизведение:

Файл GPS-измерений: *data.gps*

Подгрузить файлы продолжений: нет;

Содержит доп. данные: нет.

Маршруты:

Файл маршрутов: *ulegir_marshalluts.txt*

Система координат: СК-42;

Проекция: Гаусса-Крюгера;

Разделители: Tab;

Предельная дистанция, м: 35;

Порядок прохождения: Последовательно.

Дополнительно:

Строить дугу захода на следующий маршрут:

от маршрута

мин. радиус захода, м: 400.

Последовательность выполнения примера

- 1) Откройте RouteNav и перейдите из главного меню к созданию нового проекта.
- 2) В мастере создания проекта укажите имя создаваемого файла настроек.
- 3) В главных настройках проекта выберите режим «Воспроизведение (эмulation) полета». Также включите отображение растровых подложек, рисунок В.8.

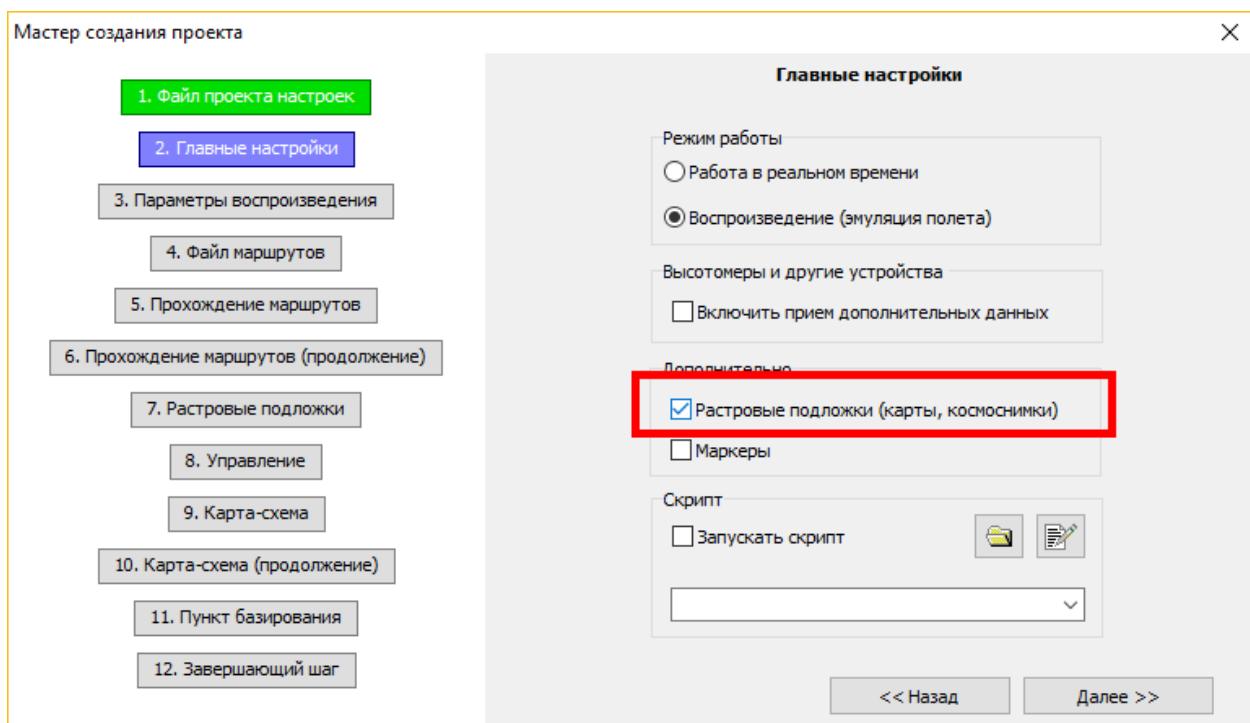


Рисунок В.8 – Включение растровых подложек в главных настройках

- 4) В параметрах воспроизведения выберите файл из папки с программой, подпапка Examples\Ex-2.
- 5) Файл маршрутов импортируйте из текстового формата из той же папки. При импорте не забудьте указать систему координат СК-42, проекцию Гаусса-Крюгера, рисунок В.9.

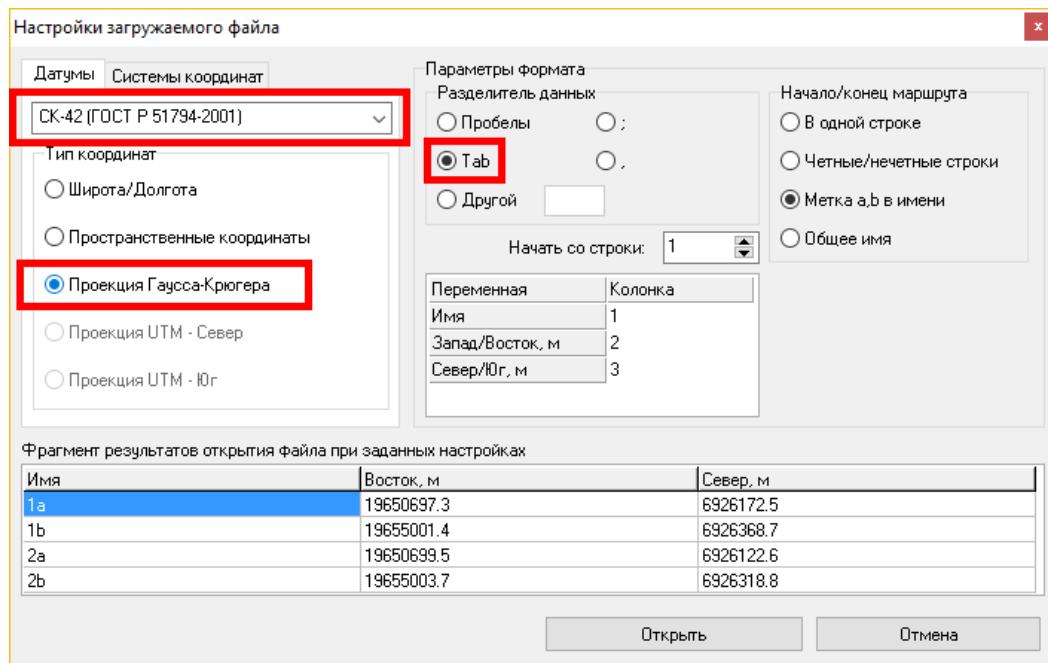


Рисунок В.9 – Импорт маршрутов Примера 2

- 6) В настройках прохождения проектов укажите порядок «последовательно».
- 7) Выберите файлы подложек из формата *.asdb, рисунок В.10

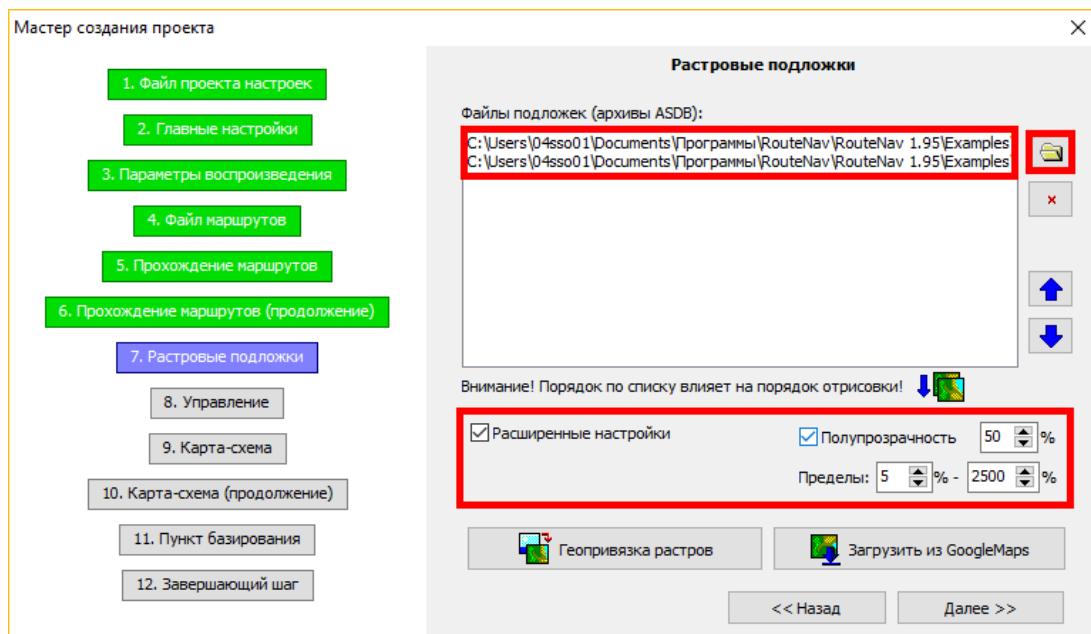


Рисунок В.10 – Загрузка растровых подложек

8) Настройте пределы выдерживания маршрутов (35 м), в настройках управления настройте автоматический режим, рисунок В.11

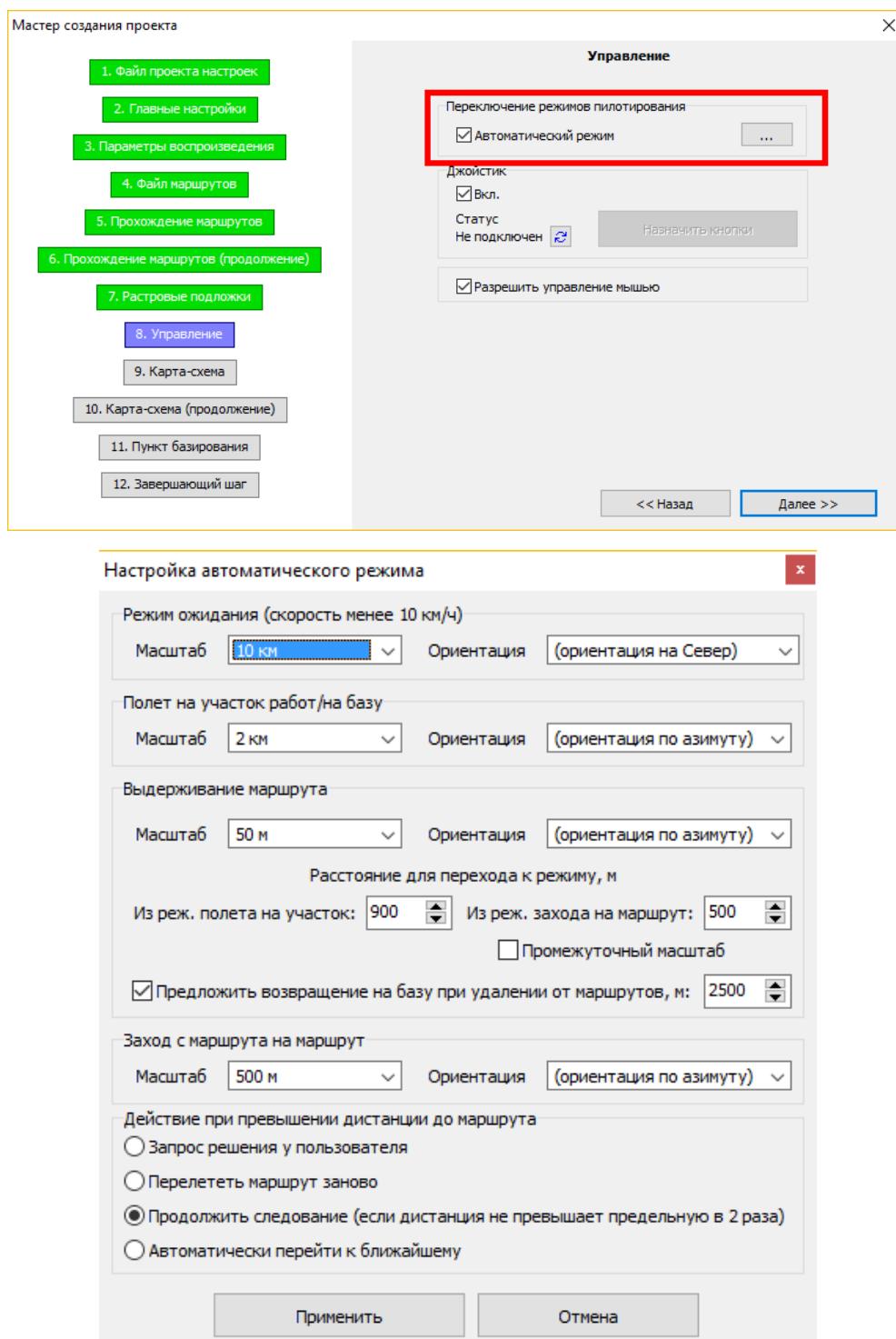


Рисунок В.11 – Настройка автоматического изменения масштаба и режима полета

9) Настройте параметры отображения карты-схемы по Вашему усмотрению. Во второй части настроек включите отрисовку рекомендуемой траектории захода на маршрут, рисунок В.12.

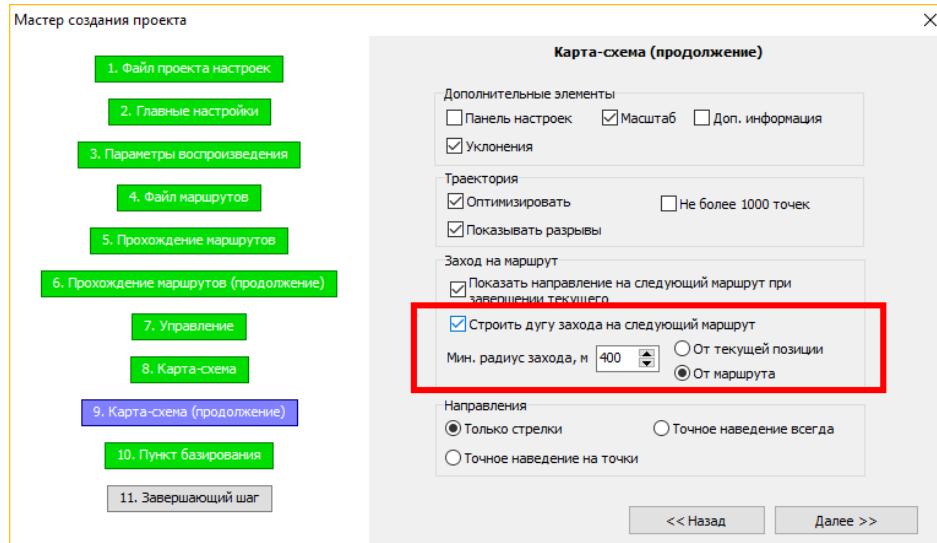


Рисунок В.12 – Установка дуги захода на маршрут

10) Запустите проект, воспроизведите со скоростью не более x128, рисунок В.13.

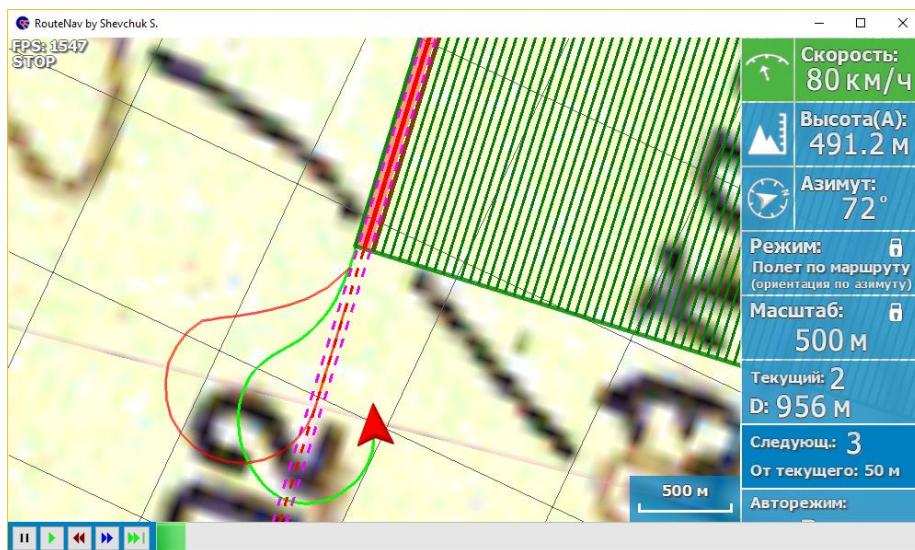


Рисунок В.13 – Воспроизведение Примера 2

Пример 3. Последовательный полет по маршрутам с выдерживанием высоты

Краткое описание:

В примере приведены данные аэрогеофизической съемки (многометодный съемочный комплекс с выносной электромагнитной платформой «Импульс-Аэро», носитель – вертолет МИ-8) в Новосибирской области 2016 года. Файлы (внутреннее расширение *.dat) содержат сообщения как от ГНСС-приемника, установленного на носителе, так и от высотомеров и дополнительных устройств.

Радиовысотомер устанавливался под днищем вертолета МИ-8.

Расположение файлов:

Examples\Ex-3

Настройки проекта:

Главные:

Режим работы: Воспроизведение (эмulation полета);

Авторежим: ДА (настройки по умолчанию);

Подложка: ДА (загрузить с сервиса YandexMaps утилитой загрузки карт или в редакторе маршрутов);

Маркеры: нет;

Доп. данные: да.

Воспроизведение:

Файл GPS-измерений: aero2016stream.dat

Подгрузить файлы продолжений: да (20 файлов);

Содержит доп. данные: да(протокол ImpulseAero2016).

Маршруты:

Файл маршрутов: Routes\ogn-rom_mar_SK42.txt

Система координат: СК-42;

Проекция: Гаусса-Крюгера;

Разделители: Tab;

Предельная дистанция, м: 70;

Порядок прохождения: Последовательно.

Дополнительно:

Выдерживание высоты: от 70 до 130 м (РВ); от 10 до 60 (ЛВ);

Строить дугу захода на следующий маршрут:

от маршрута

мин. радиус захода, м: 400.

Внимание! Загрузите подложку с сервиса YandexMaps в *GetMap* или *RouteEditor*

Последовательность выполнения примера

- 1) Откройте RouteNav и перейдите из главного меню к созданию нового проекта.
- 2) В мастере создания проекта укажите имя создаваемого файла настроек.
- 3) В главных настройках проекта выберите режим «Воспроизведение (эмulation) полета» и включите отображение растровых подложек. Также включите данные высотометров («Включить прием дополнительных данных»).
- 4) Файлы полета сохранены в формате *.dat, содержащем как данные с ГНСС-приемника, так и измерения высотометров. При открытии файлов выберите самый первый («нулевой») файл. В настройках поставьте флагок «Подгрузить файлы продолжений» и «Содержит дополнительные данные» (протокол «ImpulseAero2016»), рисунок В.14.
- 5) Рекомендуется включить отображение панели высоты по показаниям радиовысотометра (можно оставить «по выбору в меню»).

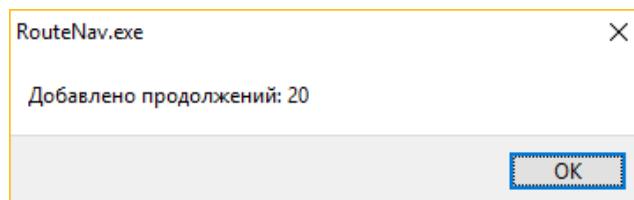
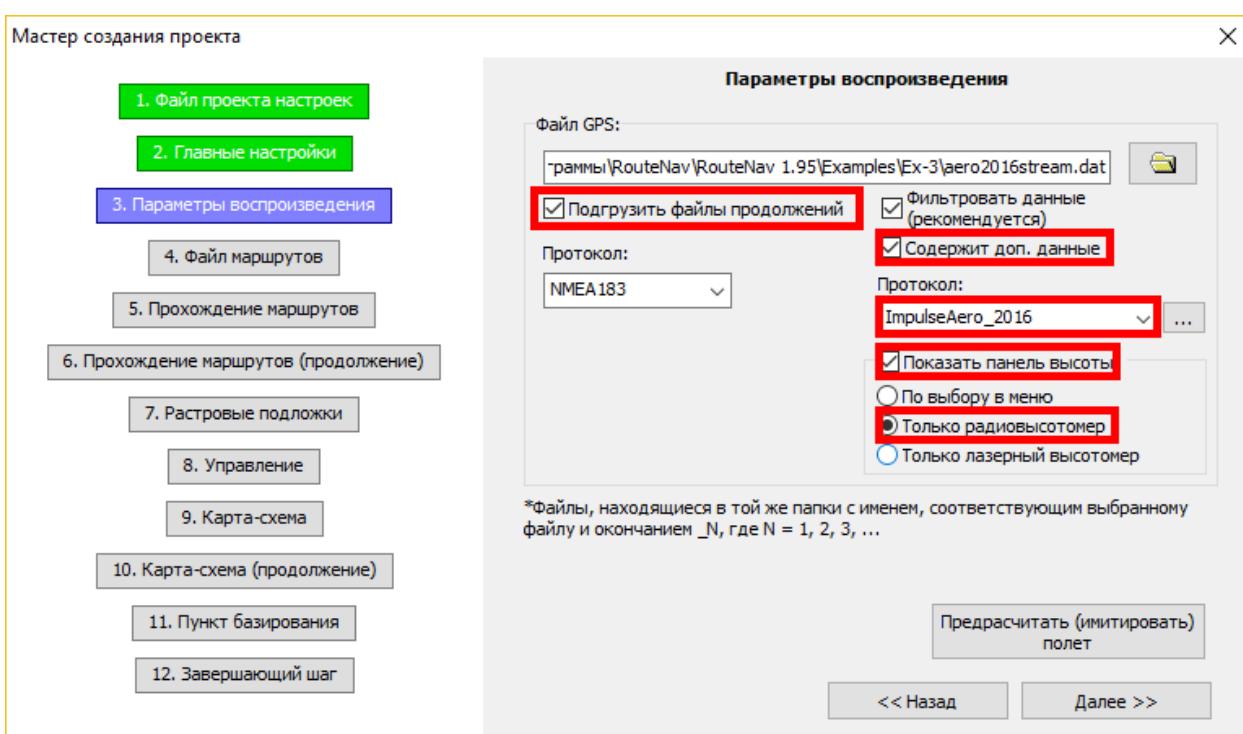
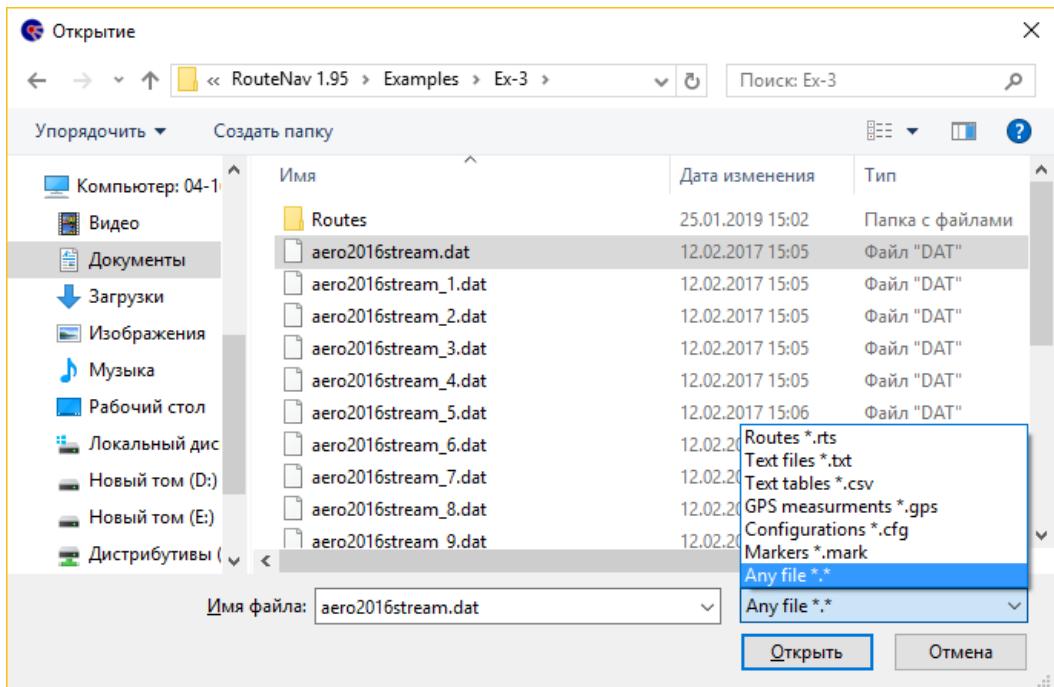


Рисунок В.14 – Загрузка ряда файлов, содержащих ГНСС-измерения и измерения высотометров

- 6) Импортируйте маршруты из текстового формата и задайте пределы прохождения маршрутов соответственно настройкам.
- 7) Задайте выдерживание высоты, рисунок В.15.

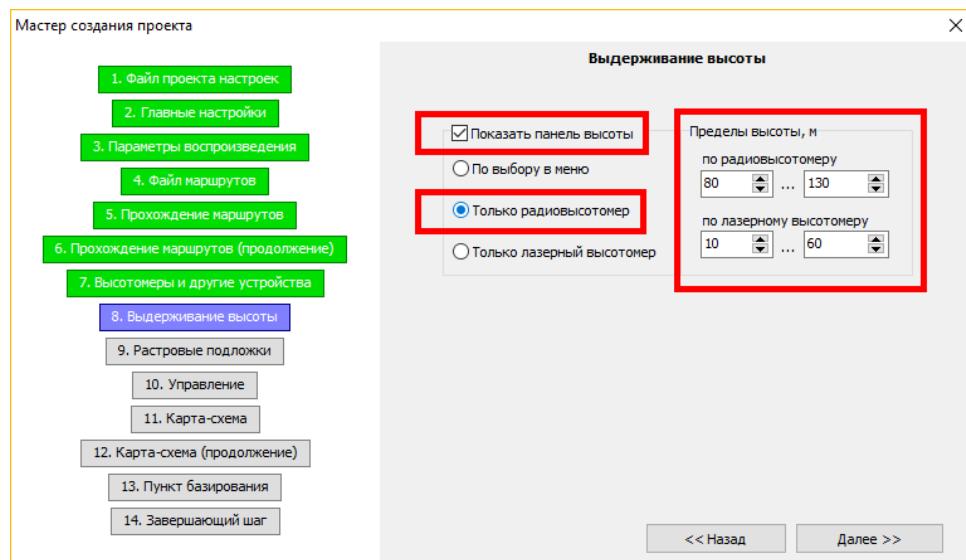


Рисунок В.15 – Настройка допуск выдерживания высоты

- 8) Для загрузки подложек воспользуйтесь утилитой *GetMap*, вызываемую соответствующей кнопкой, рисунок В.16.

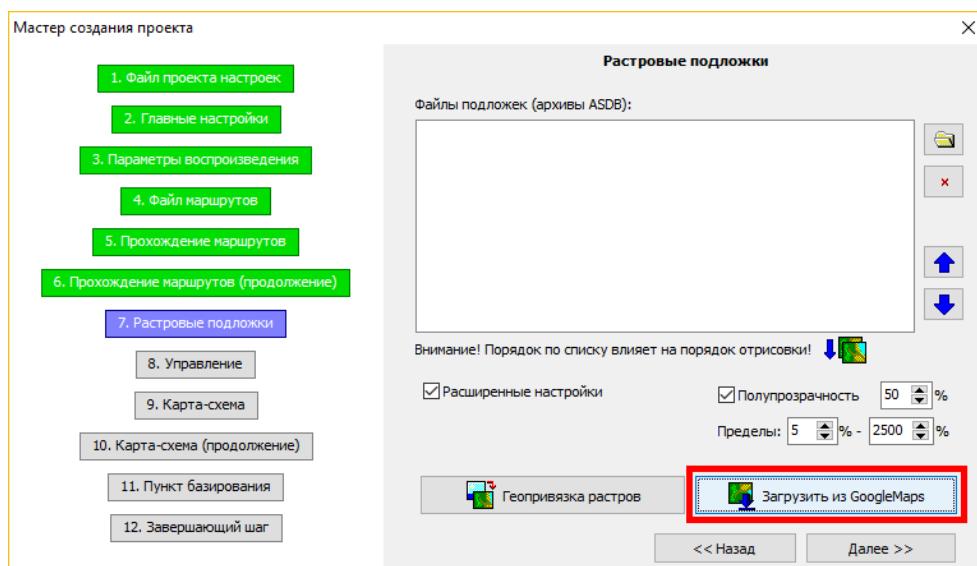


Рисунок В.16 – Вызов утилиты GetMap

9) При запуске GetMap импортируйте маршруты из проекта, рисунок В.17

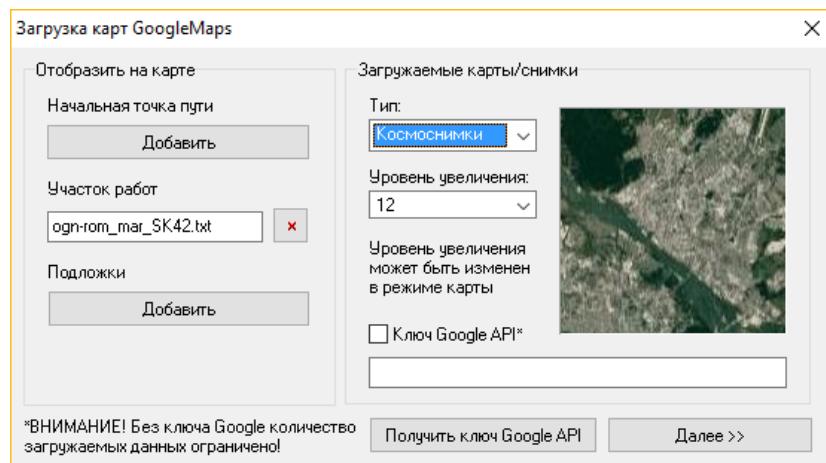


Рисунок В.17 – Настройка запуска утилиты GetMap

10) Укажите тайлы космоснимков, которые необходимо загрузить, рисунок В.18. Выберите меню «Скачать выбранные» и сохраните результат в формат *.asdb.

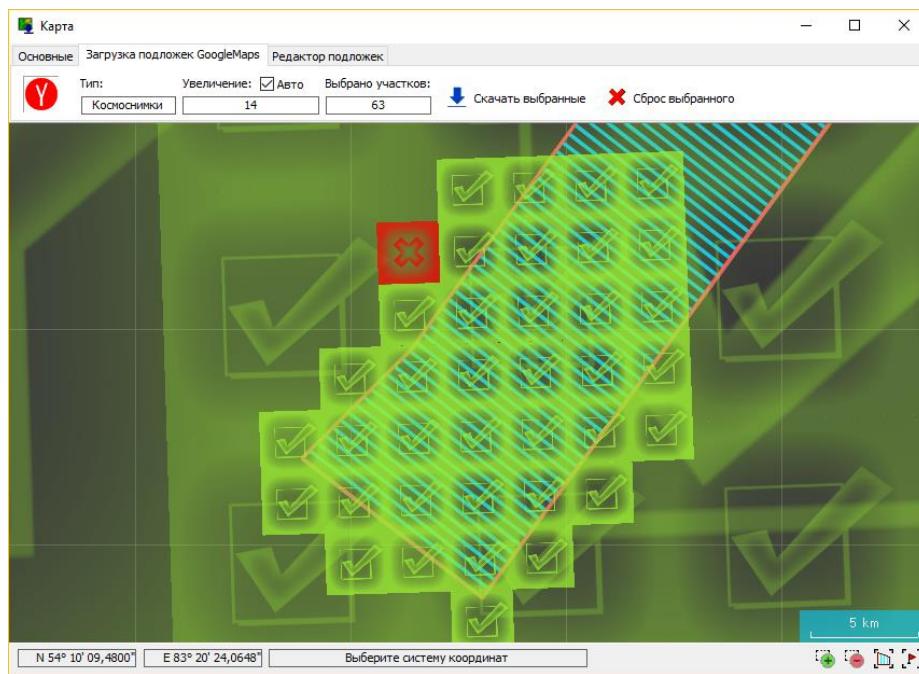


Рисунок В.18 – Загрузка космоснимков в GetMap

11) Закройте GetMap. Загрузите скачанные файлы в список растровых подложек.

12) Остальные настройки установите в соответствии с описанием примера.

13) Воспроизведите полет, наблюдая за показаниями высотомеров, рисунок В.19.

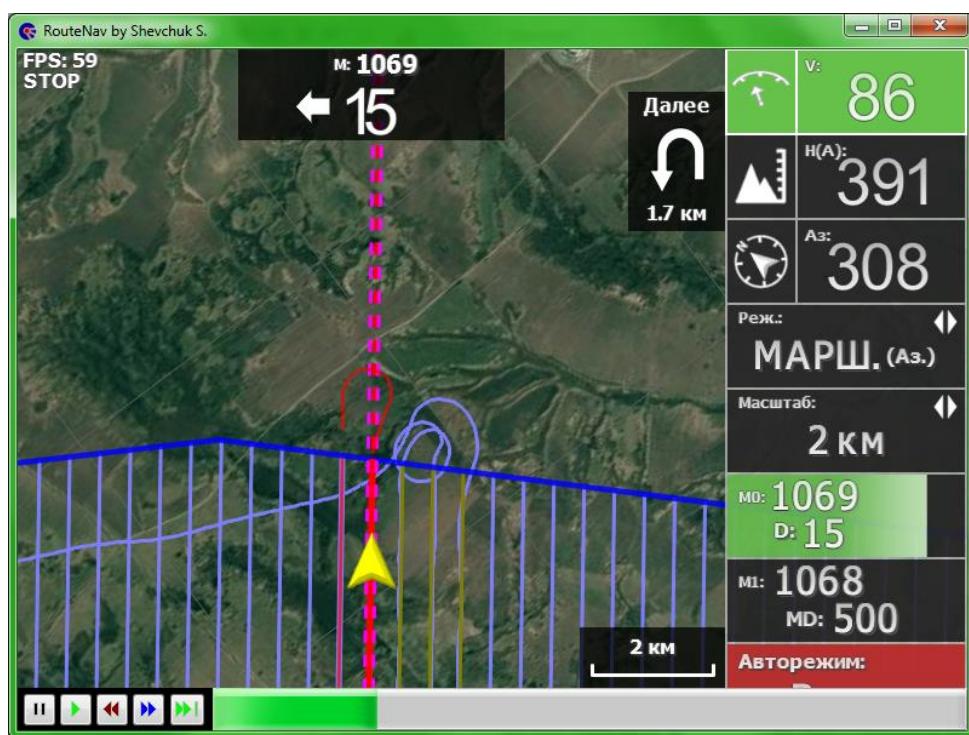


Рисунок В.19 – Воспроизведение Примера 3

14) Для удобства, попробуйте изменить режим вывода кнопки-индикатора высоты, нажатием по ней, рисунок В.20.



Рисунок В.20 – Режимы вывода кнопки-индикатора высоты

Пример 4. Последовательный полет с подложкой, мелкий масштаб, три дня лётных работ

Краткое описание:

В примере приведены три дня съемочных полетов с аэрогеофизическим комплексом «Импульс-Аэро» в Новосибирской области в 2016 году. На момент выполнения полетов, в программе не имелось возможности сохранения статуса пройденных маршрутов.

Пример состоит из трех независимых проектов полетов с частично общими настройками.

Расположение файлов:

Examples\Ex-4

Examples\Maps for Ex-3,4

Настройки проекта:

Главные:

Режим работы: Воспроизведение (эмуляция полета);

Авторежим: ДА (настройки по умолчанию);

Подложка: ДА (предварительно конвертировать утилитой Raster);

Маркеры: нет;

Доп. данные: да.

Воспроизведение:

Файлы GPS-измерений:

2016-10-04.gps

2016-10-05.gps

2016-10-06.gps

Подгрузить файлы продолжений: ДА;

Содержит доп. данные: нет.

Маршруты:

Файл маршрутов: *Routes\ogn-rom_mar_SK42.txt*

Система координат: СК-42;

Проекция: Гаусса-Крюгера;

Разделители: Tab;

Предельная дистанция, м: 70;

Порядок прохождения: Последовательно.

Для полета *2016-10-04.gps*

Обратный порядок: НЕТ;

Начать с: первого по списку;

Для полета *2016-10-05.gps*

Обратный порядок: ДА;

Начать с: 1072;

Маршруты с 1001 по 1050 (включительно) отметить пройденными

Для полета *2016-10-06.gps*

Обратный порядок: НЕТ;

Начать с: 1073;

Маршруты с 1001 по 1072 (включительно) отметить пройденными

Обратный порядок: ДА.

Дополнительно:

Строить дугу захода на следующий маршрут:

от маршрута

мин. радиус захода, м: 400.

Подложка:

(необходимо предварительно конвертировать с помощью утилиты Raster)

Полупрозрачность: 50;

Исходные файлы карт для создания подложек (*Examples\Maps for Ex3,4*):

[100k--n44-059](#)

[100k--n44-060](#)

[100k--n44-071](#)

[100k--n44-072](#)

Последовательность выполнения примера

- 1) Откройте RouteNav и перейдите из главного меню к созданию нового проекта.
- 2) В мастере создания проекта укажите имя создаваемого файла настроек.
- 3) В главных настройках проекта выберите режим «Воспроизведение (эмulation) полета» и включите отображение растровых подложек.
- 4) Загрузите файлы измерений для одного из дней полета;
- 5) Импортируйте файлы маршрутов из текстового формата;
- 6) Для полетов второго и третьего летного дня (*2016-10-05* и *2016-10-06*) необходимо пометить пройденными часть маршрутов; кроме того, во второй летный день прохождение маршрутов выполнялось в обратном порядке. Эти настройки могут быть установлены в меню «Прохождение маршрутов», рисунок B.21.
- 7) Кнопка «Показать загруженные маршруты» (меню «Файл маршрутов») или кнопка «...» (меню «Прохождение маршрутов», см. рис. 4.20) открывает таблицу маршрутов, в которой каждому маршруту можно задать статус (пройденный/не пройденный) через меню, вызываемое правой кнопкой мыши, рисунок B.22.
- 8) Настройте прохождение маршрутов в соответствии с заданием на выбранный день полета

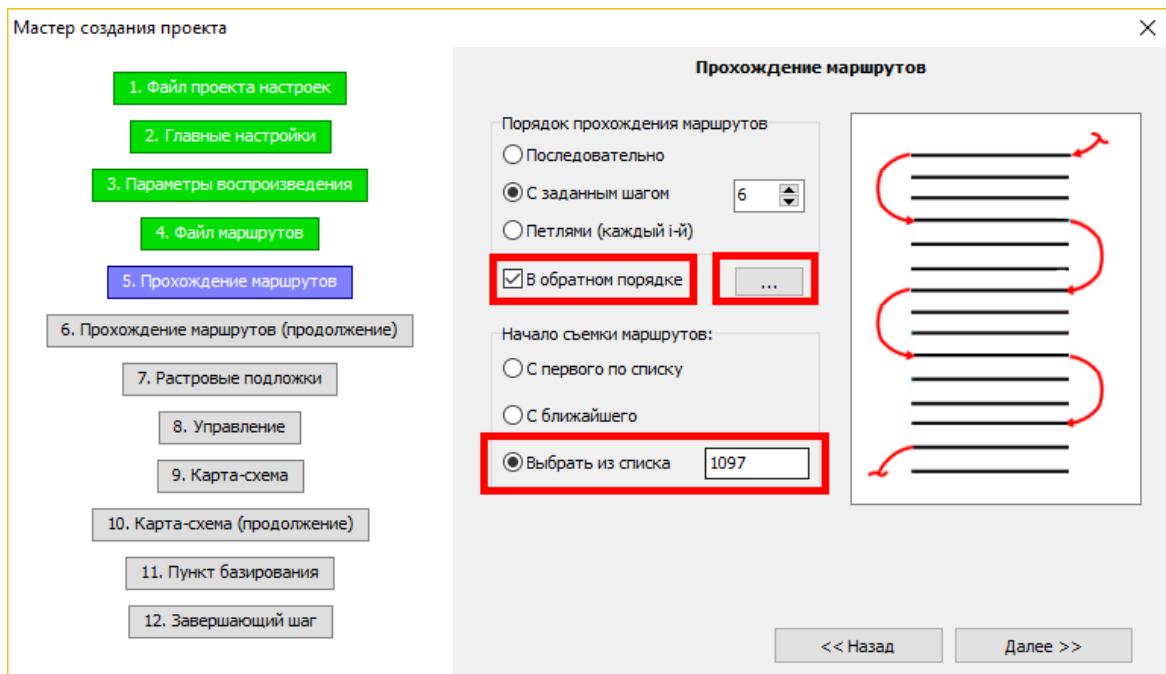


Рисунок В.21 – Настройка порядка прохождения маршрутов для полетов
Примера 4

Список загруженных маршрутов					
Имя маршрута	В начала	Л начала	В конца	Л конца	Статус
1079	N 54 20 34,3084	E 83 38 20,2510	N 54 17 15,3480	E 83 45 07,6992	не пройден
1078	N 54 20 23,0589	E 83 38 00,1404	N 54 17 02,6811	E 83 44 50,5199	не пройден
1077	N 54 20 11,8083	E 83 37 40,0329	N 54 16 50,0136	E 83 44 33,3441	не пройден
1076	N 54 20 00,5568	E 83 37 19,9278	N 54 16 37,3453	E 83 44 16,1707	не пройден
1075	N 54 19 49,3047	E 83 36 59,8264	N 54 16 24,6764	E 83 43 59,0003	не пройден
1074	N 54 19 38,0512	E 83 36 39,7280	N 54 16 12,0070	E 83 43 41,8334	не пройден
1073	N 54 19 26,7968	E 83 36 19,6321	N 54 15 59,3365	E 83 43 24,6688	не пройден
1072	N 54 19 15,5415	E 83 35 59,5398	N 54 15 46,6654	E 83 43 07,5077	не пройден
1071	N	Отметить не пройденным		E 83 42 50,3490	не пройден
1070	N	Отметить пройденным (ок)		E 83 42 33,1938	не пройден
1069	N	Отметить пройденным (грубо)		E 83 42 16,0410	не пройден
1068	N			E 83 41 58,8912	не пройден
1067	N 54 18 19,2504	E 83 34 19,1229	N 54 14 43,2989	E 83 41 41,7448	не пройден
1066	N 54 18 07,9892	E 83 33 59,0489	N 54 14 30,6237	E 83 41 24,6008	не пройден
1065	N 54 17 56,7270	E 83 33 38,9779	N 54 14 17,9475	E 83 41 07,4603	не пройден

Начало съемки маршрутов:

1001

OK

Рисунок В.22 – Настройка загруженных маршрутов

9) Запустите утилиту геопривязки растров *Raster* нажатием соответствующей кнопки, рисунок В.23.

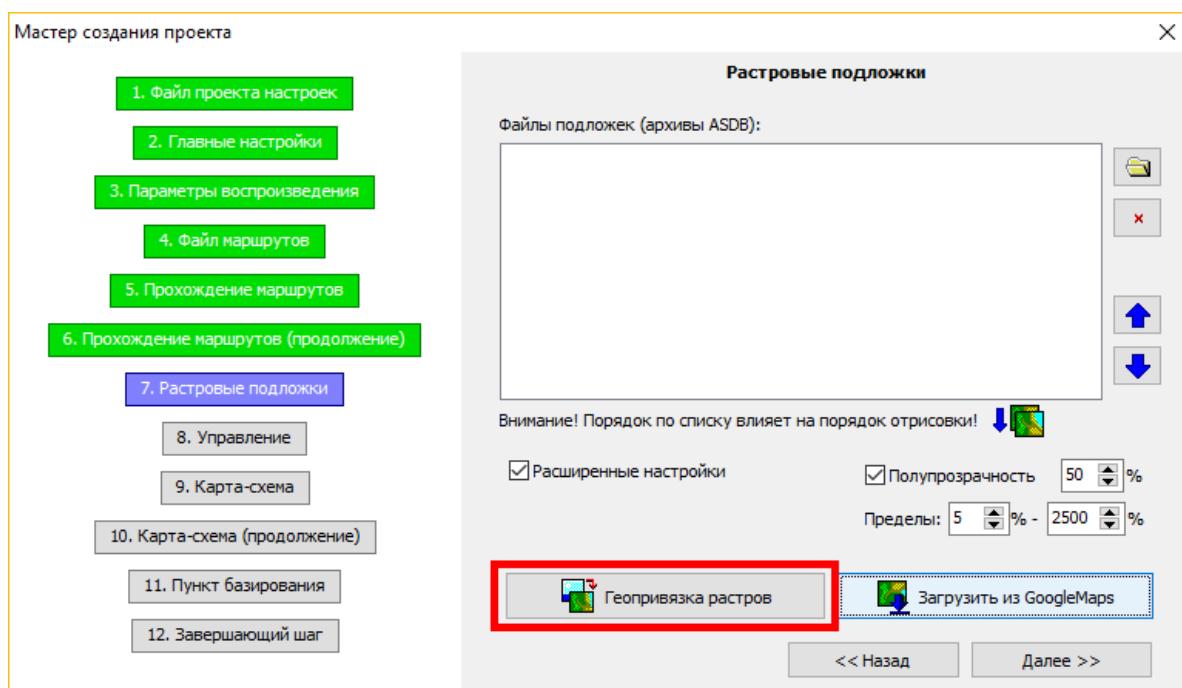


Рисунок В.23 – Вызов утилиты Raster

10) Загрузите в программе Raster растр конвертируемой карты (например, *100k--n44-072.gif*), рисунок В.24.

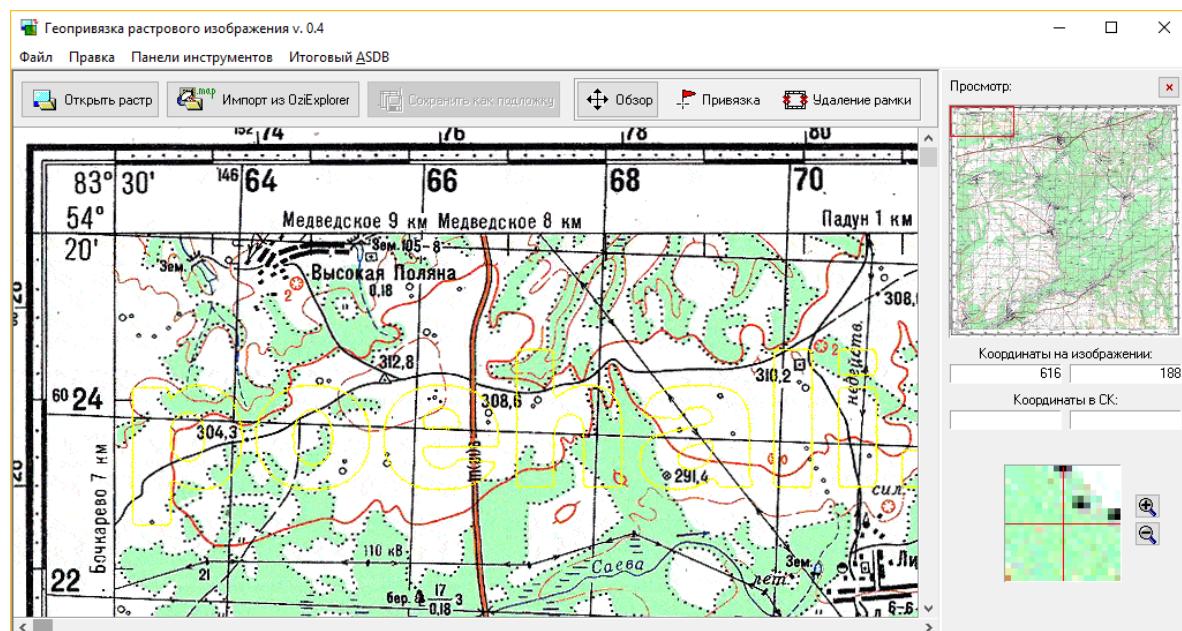


Рисунок В.24 – Загрузка растра в утилите Raster

11) Перейдите в режим «Привязка», поочередно выбирайте точки границ карты и вводите их координаты, рисунок B.25.

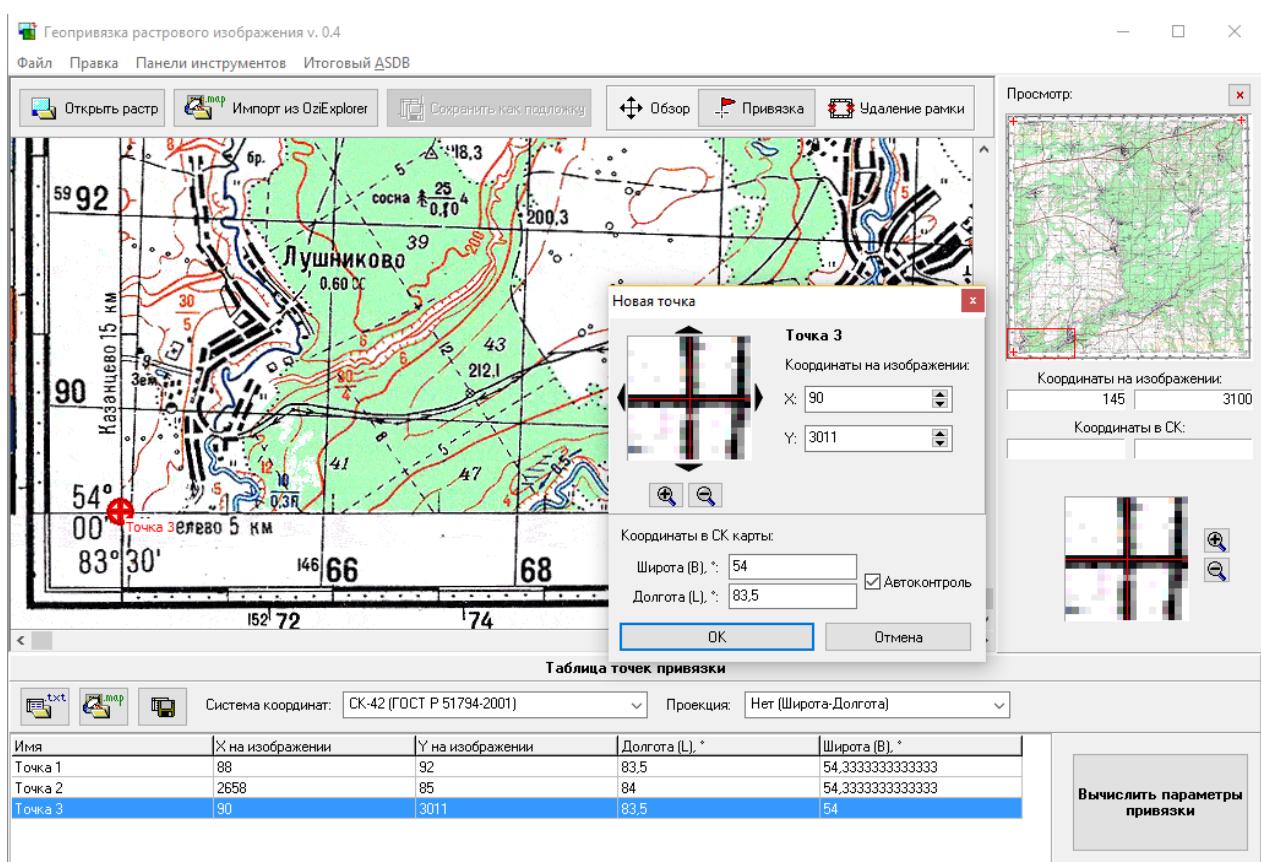


Рисунок B.25 – Ввод точек привязки

Внимание! Координаты вводятся в выбранной системе координат. Если масштаб карты 1: 100 000 и мельче, используйте границы градусной сетки. В этом случае вводятся не проецированные координаты (широта и долгота). Для более крупных масштабов используется проекция Гаусса-Крюгера.

Для топографических карт Генерального штаба СССР используется система Система координат 1942 года (СК-42). Современные российские карты могут строиться в СК-95 и ГСК-2011 (будет доступна в новых версиях).

12) Если рамка растра удалена, широта и долгота границ карты может быть определена специальной утилитой (только для топографических карт Генштаба СССР масштабов от 1: 1 000 000 до 1:25 000), рисунок В.26.

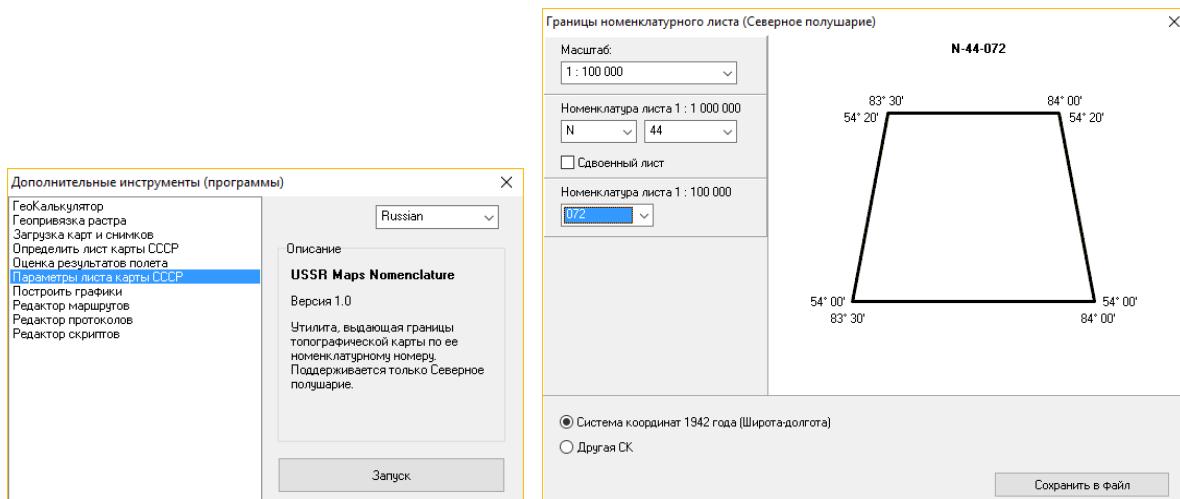


Рисунок В.26 – Утилита определения границ номенклатурных листов: вызов утилиты через менеджер (слева) и вывод координат в утилите для листа выбранной номенклатуры (справа)

13) После ввода трех и более точек, утилита выдаст отчет о качестве привязки, рисунок В.26. Если погрешность (СКП) не превышает 10 пикселей, можно переходить в режим удаления рамки.

14) Удаление рамки происходит в ручном или автоматическом режиме (только для топографических карт Генштаба СССР масштабов от 1: 1 000 000 до 1:25 000), рисунок В.27.

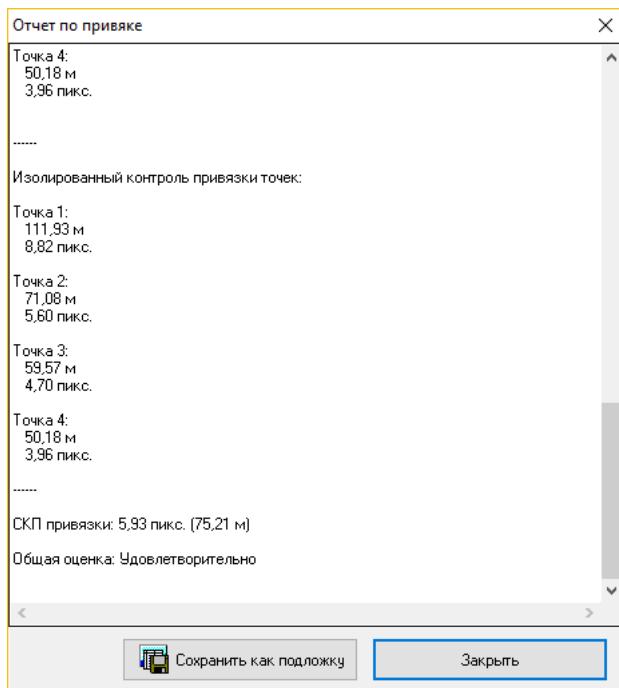


Рисунок В.26 – Отчет о геопривязке растровой карты

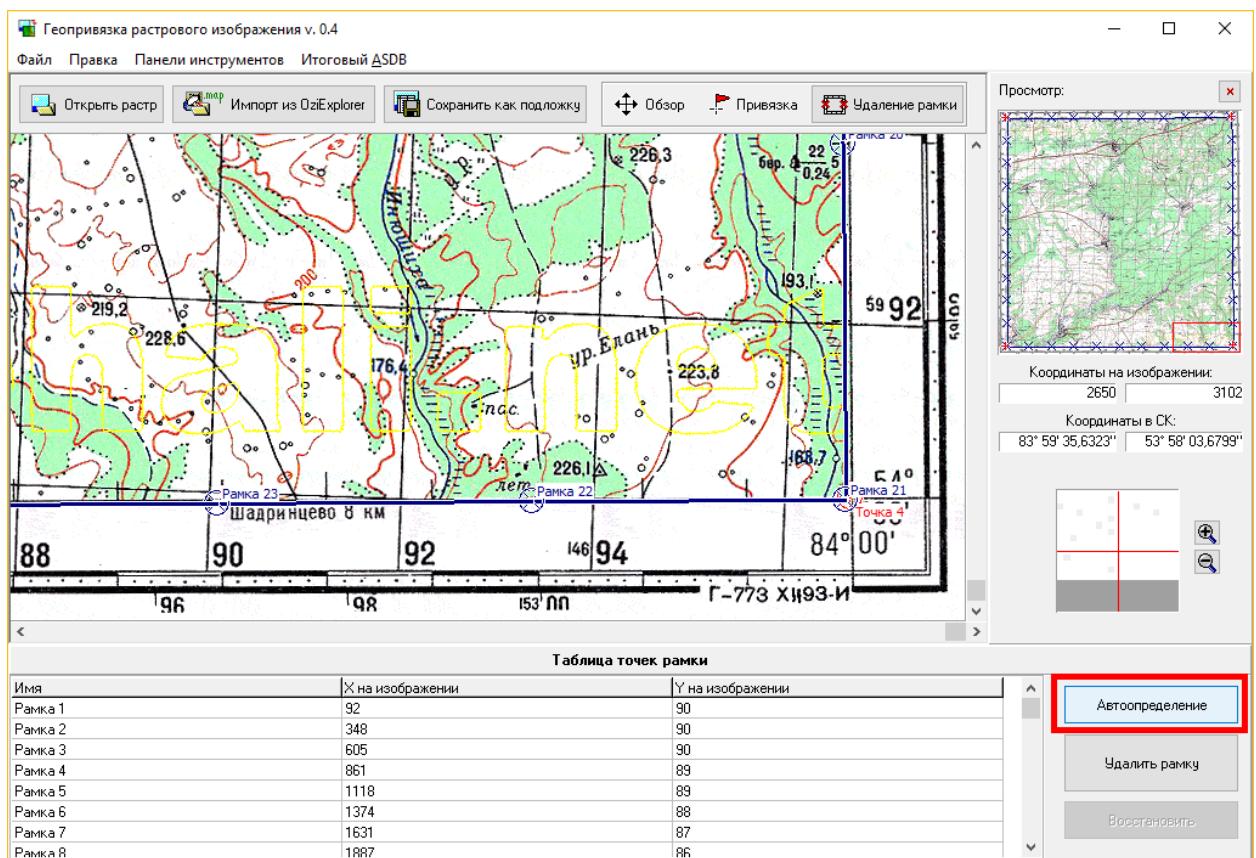


Рисунок В. 27 – Удаление рамки с автоматическим определением границ

15) После удаления рамки сохраните изображение в формате *.asdb, сохранение может занять до минуты, рисунок В.28

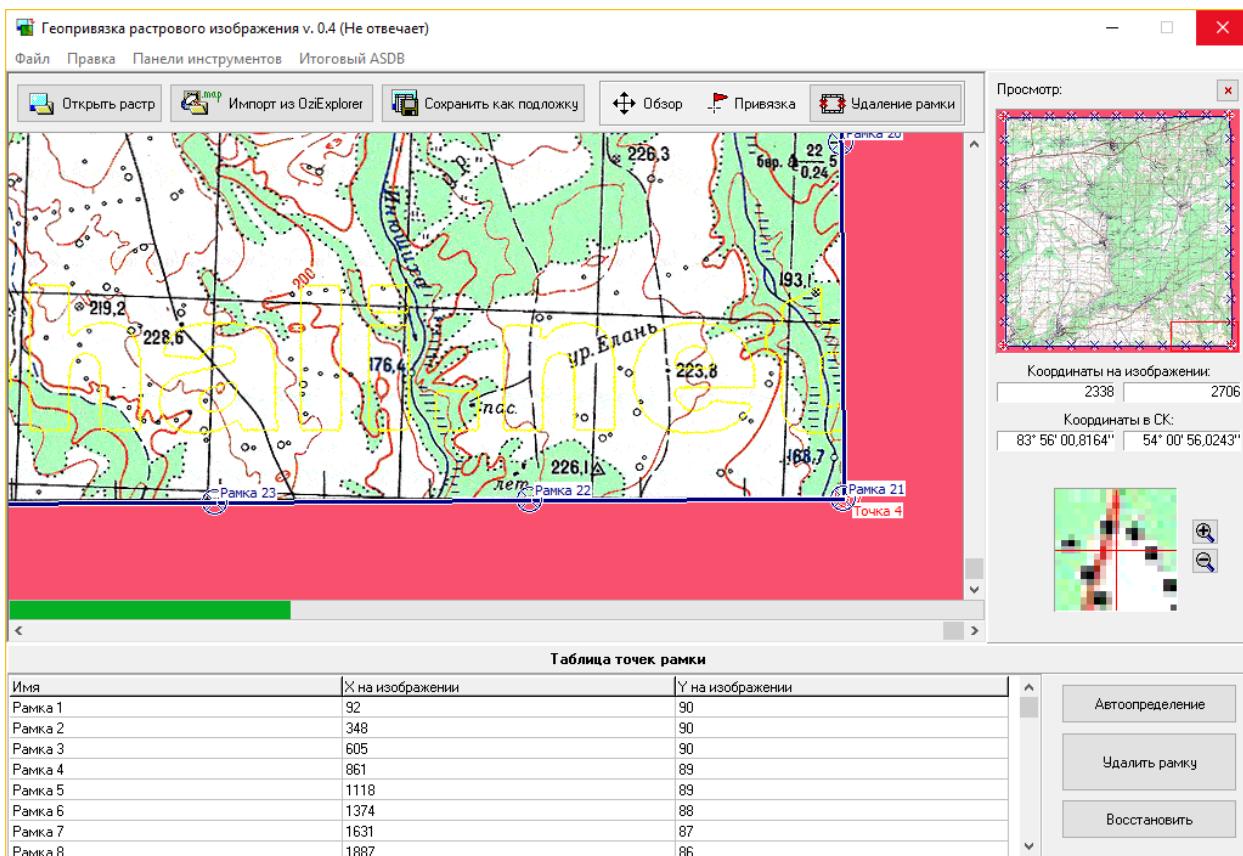


Рисунок В.28 – Сохранение геопривязанной карты

16) Повторите для остальных карт примера.

Внимание! Если в наличии имеется геопривязка карты в формате OziExplorer (*.map), геопривязка может быть выполнена автоматически (тогда можно открывать файл с расширением *.map).

- 17) Загрузите полученные карты в список отображаемых растров.
- 18) Остальные настройки устанавливайте соответственно описанию примера.
- 19) Воспроизведите пример, рисунок В.29. Обратите внимание, что база находится внутри участка выполняемых работ.

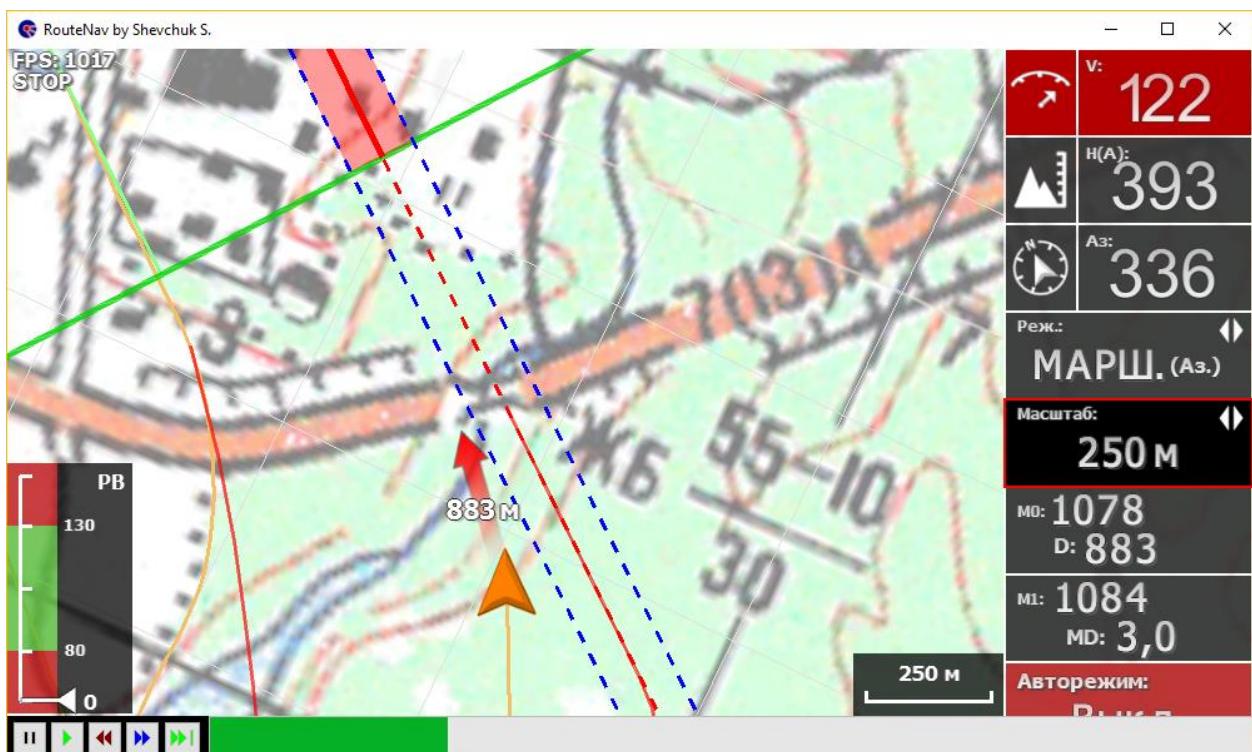


Рисунок В.29 – Воспроизведение Примера 4

Пример 5. Имитация полета

Краткое описание:

Пример содержит границы летного участка. Его разбиение может быть выполнено с произвольным шагом. Сами границы могут быть отредактированы. Вместо полета предлагается создание имитации записанного файла.

Расположение файлов:

Examples\Ex-5

Настройки проекта:

Главные:

Режим работы: Воспроизведение (эмуляция полета);

Авторежим: ДА (настройки по умолчанию);

Подложка: нет;

Маркеры: нет;

Доп. данные: нет.

Маршруты:

Файл границы участка работ: ulegir_marshalluts_f.txt

Система координат: СК-42;

Проекция: Гаусса-Крюгера;

Разделители: Tab;

Предельная дистанция, м: 50;

Порядок прохождения: Последовательно.

Последовательность выполнения примера

- 1) Откройте RouteNav и перейдите из главного меню к созданию нового проекта.
- 2) В мастере создания проекта укажите имя создаваемого файла настроек.
- 3) В главных настройках проекта выберите режим «Воспроизведение (эмulation) полета»;
- 4) При выборе файлов измерений, вызовите утилиту *RouteEditor* в режиме имитации полета (кнопка «Предрасчитать (имитировать) полет»), рисунок В.30.

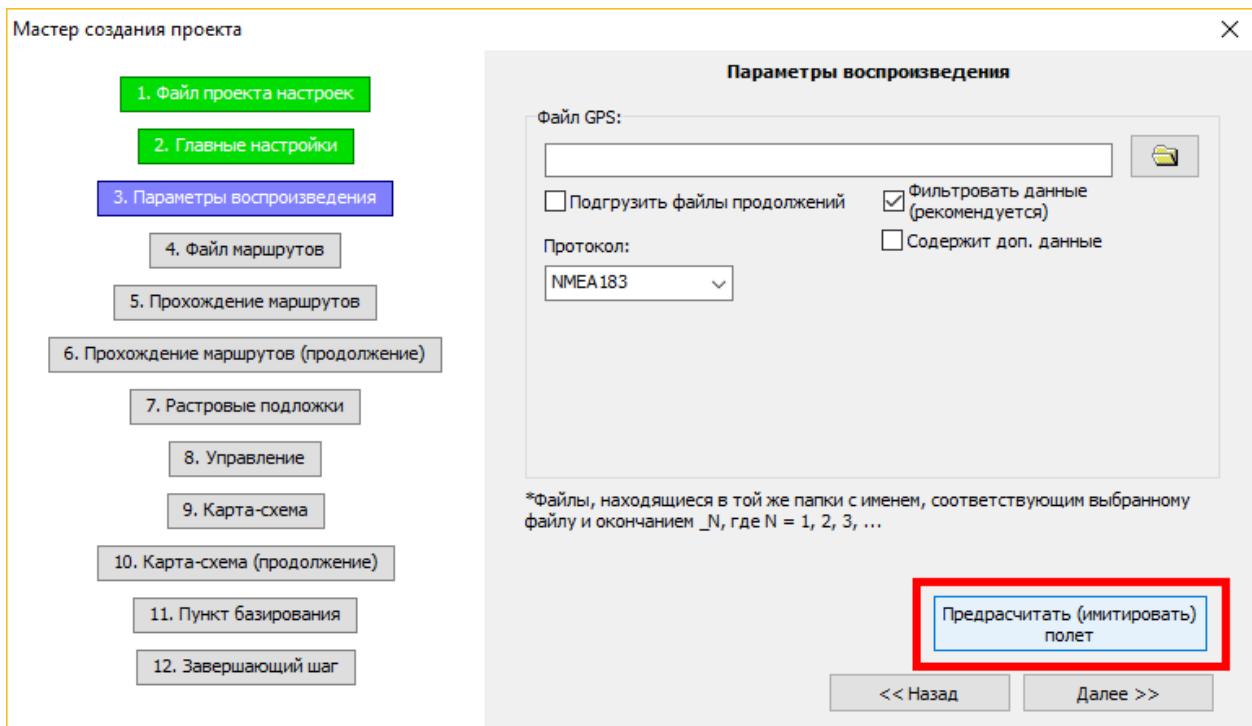


Рисунок В.30 – Вызов *RouteEditor* в режиме имитации из настроек полета (слева) и Мастера создания проекта полета (справа)

5) В утилите *RouteEditor* перейдите в категорию «Разбить участок на маршруты» и импортируйте границы маршрута из *ulegir_marshalls.f.txt*, рисунок В.31.

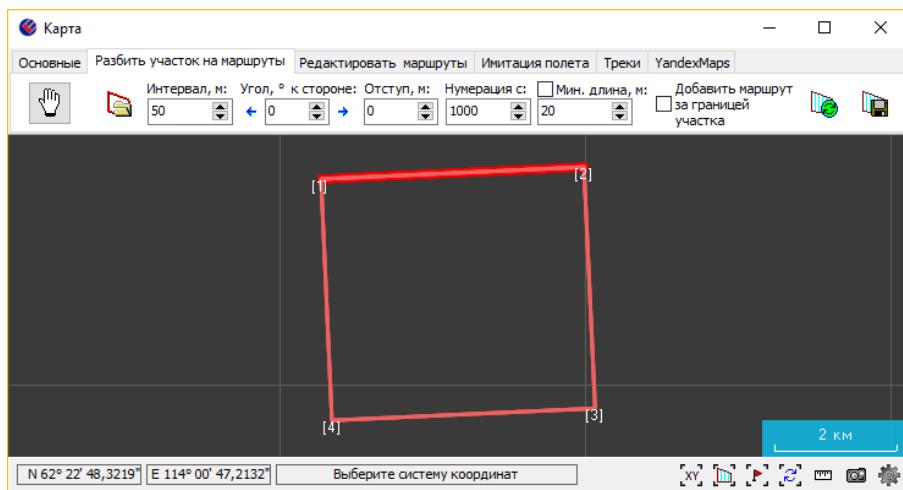


Рисунок В.31 – Разбиение участка

6) Границы участка могут быть отредактированы в меню-категории «Редактировать маршруты».

7) После разбиения участка, сохраните полученные маршруты в формате *.rts, рисунок В.32.

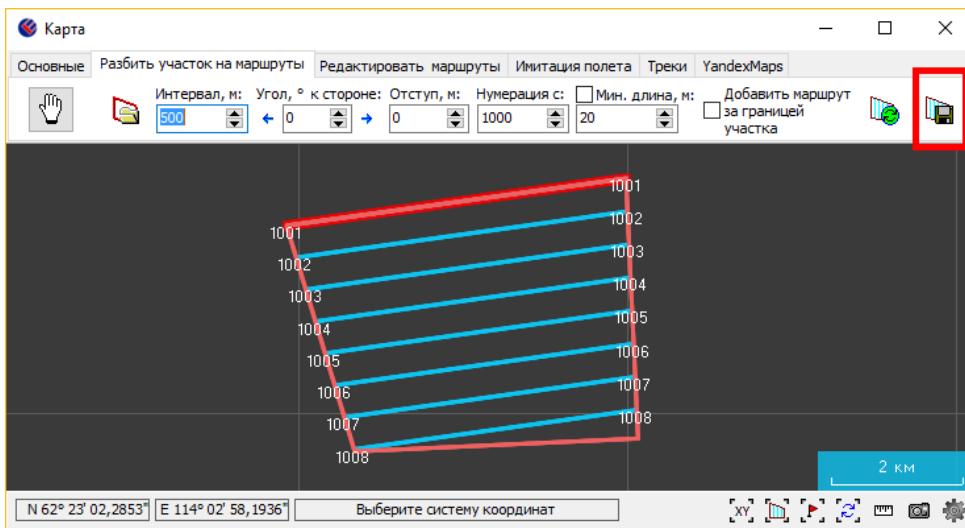


Рисунок В.32 – Сохранение полученных маршрутов

8) Создайте имитированные полеты в меню-категории «Имитация полета» и сохраните как файл *.gps, рисунок В.33.

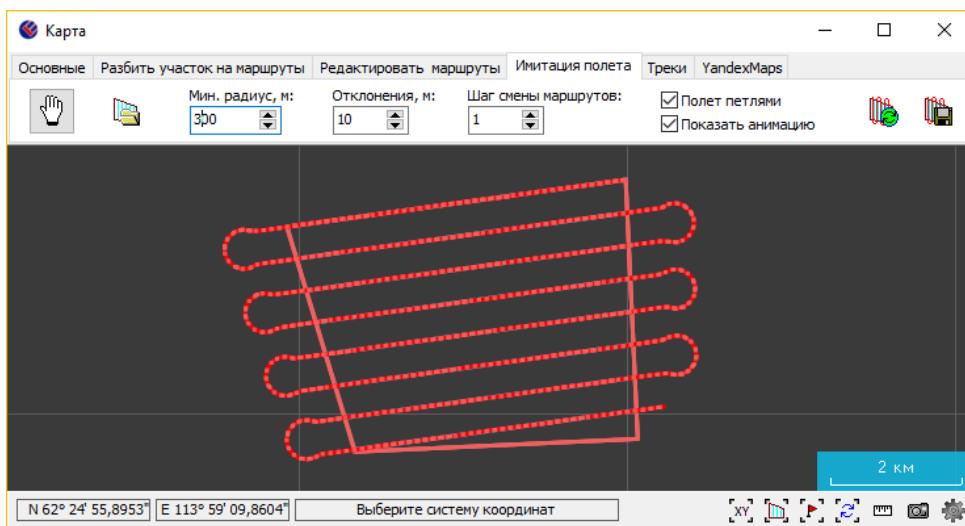


Рисунок В.33 – Имитация полета в RouteEditor

- 9) Загрузите имитированный трек и маршруты в проект полета.
- 10) Воспроизведите полученный проект, рисунок В.34.

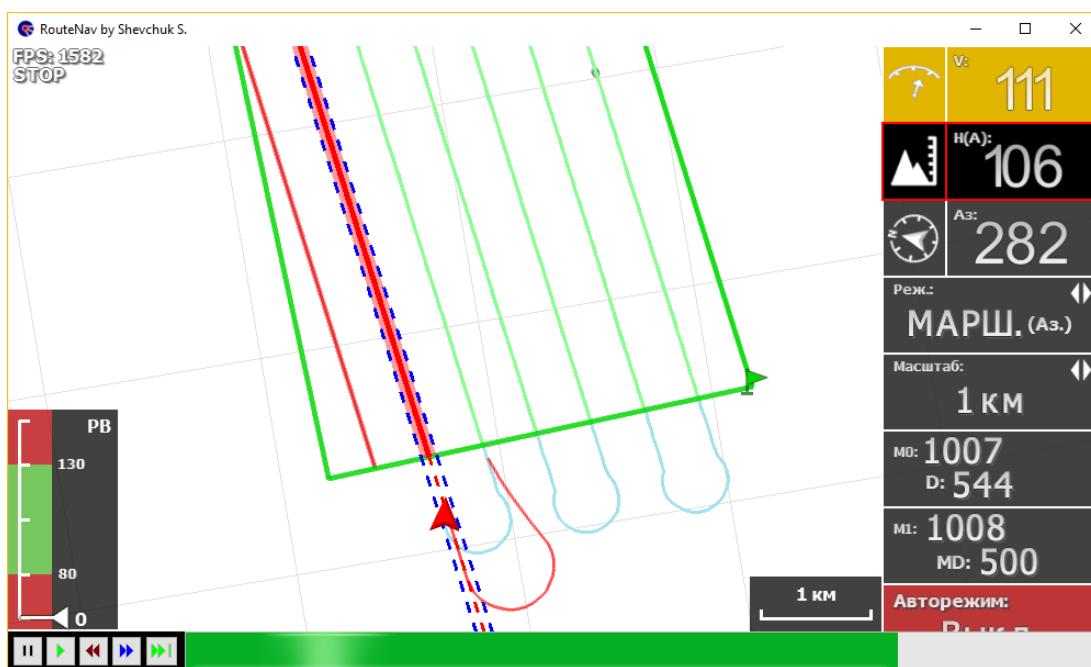


Рисунок В.34 – Воспроизведение Примера 5

II Наземная имитация полета на автомобиле

Одним из самых эффективных методов обучения работы с программой может быть заезд, имитирующий аэрогеофизическую съемку.

Рекомендуется выполнить заезд на площадке достаточной площади, на неоживленном участке (например, парковке).

Маршруты могут быть спроектированы по снимкам GoogleMaps/YandexMaps в утилите RouteEditor. Расстояние между маршрутами рекомендуется устанавливать не менее 5 м. Заезд может выполняться петлями (см. п.п. 4.1.1).

Внимание! При проектировании маршрутов и вождении транспортного средства соблюдайте правила дорожного движения и обеспечьте безопасность выполнения заезда.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Работа с петлями ЗСБ в редакторе маршрутов RouteEditor

Зондирование становлением поля (метод ЗСБ – TEM/TDEM) – современная и развитая в мире технология импульсной электроразведки. Данная технология зондирования подразумевает применение установки, состоящей из генераторной петли (квадратной формы) и приемных датчиков, располагаемых на поверхности разведываемого участка земли.

В редактор RouteEditor, начиная с версии RouteNav 2.04 добавлен вспомогательный инструментарий для проектирования работ данным методом и контроля планово-высотного положения пикетов. В настоящем приложении описано поэтапное применение указанных инструментов.

Г.1 Создание расстановок

Разбивка профилей/участка работ

Создание расстановок (далее – петель) ЗСБ, их редактирование и операции по сохранения, загрузке и экспорту вынесены в специальный режим, запускаемый нажатием на соответствующую кнопку во вкладке «Разбивка по пикетам» главной панели утилиты RouteEditor, рисунок Г.1.

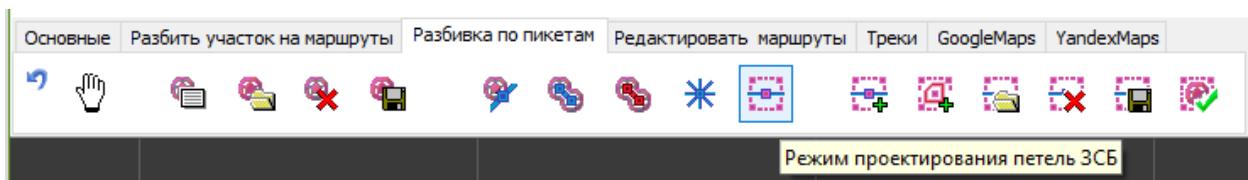


Рисунок Г.1 – Вход в режим «Работа с петлями ЗСБ»

На рисунке Г.2 описан функционал кнопок, становящихся доступными в данном режиме на главной панели инструментов программы.

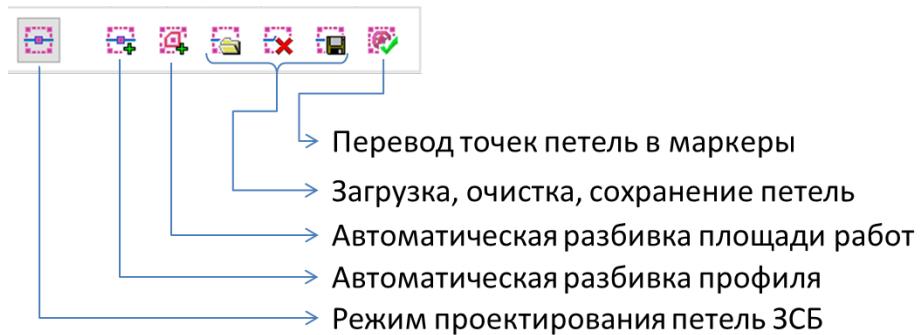


Рисунок Г.2 – Описание кнопок главной панели RouteEditor, доступных в режиме «Работа с петлями ЗСБ»

Создание расстановок в данном режиме возможно в двух вариантах – автоматическая (по существующему профилю или площади работ) и в ручном режиме.

Ручное создание петель в произвольном месте выполняется щелчком правой кнопки мыши в интересующей части карты-схемы и выбором меню «Создать петлю», рисунок Г.3, после чего выполняется редактирование созданной расстановки.

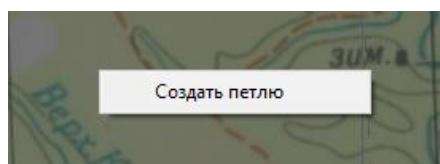


Рисунок Г.3 – Меню ручного создания петли в произвольном месте, вызываемое нажатием правой кнопкой мыши в режиме проектирования петель

Автоматическая разбивка автоматически предлагается при входе в режим при отсутствии ранее созданных петель и при условии наличия загруженных маршрутов (профилей) и/или границ участка работ. Кроме того, разбивка запускается соответствующими кнопками .

Профили могут быть заранее созданы в редакторе (вкладка «Редактировать маршруты») или загружены из различных текстовых форматов (поддерживаются различные текстовые таблицы, форматы Surfer *.bln, GPS eXchange *.gpx и внутренний формат *.rta/*.rts, подробное описание есть в руководстве пользователя RouteNav).

Первичная настройка создаваемых расстановок по заданному профилю или границам участка выполняется посредством панели автоматической разбивки, открывающейся в верхней части карты-схемы, под главной панелью инструментов, рисунок Г.4. Для профилей и площадей различается левая половина панели (рис. Г.3, внизу).

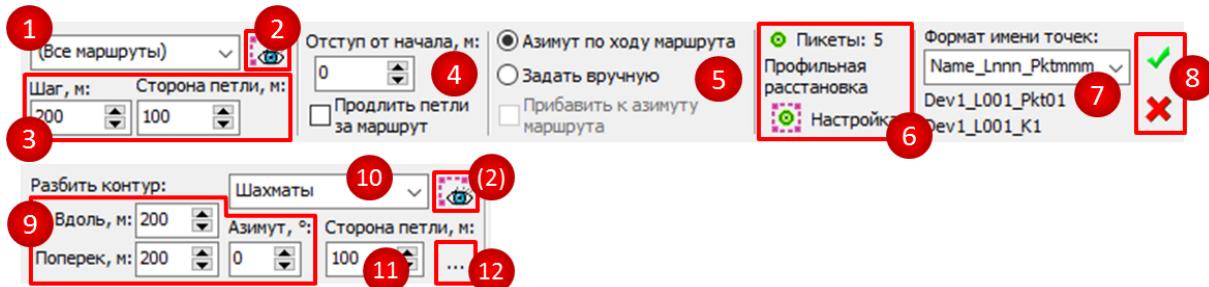


Рисунок Г.4 – Автоматическая разбивка профиля на петли:

- 1) Выбор разбиваемых маршрутов (профилей); 2) кнопка, центрирующая карту-схему на создаваемых петлях; 3) настройка шага между смежными расстановками и размера (стороны) каждой петли; 4) редактирование отступа от начала профиля и возможности продления на одну расстановку за концом профиля; 5) настройка азимута петель: относительно северного направления и/или азимута профиля; 6) информация о расстановке пикетов каждой петли с кнопкой вызова настроек; 7) выбор формата имени точек петель с примерами; 8) кнопки применения или отмены разбивки; 9) настройки шага и направления разбивки контура; 10) вид заполнения – сетка или шахматный порядок; 11) сторона (диаметр) петли; 12) дополнительные настройки заполнения.

На рисунке Г.5 показаны примеры различных настроек создаваемых петель с отображением создаваемых расстановок на карте-схеме. Каждая петля при этом отображается непрерывной линией, центры – круглым

пунсоном с точкой. Также могут быть отображены пикеты в виде малых пунсонов. Цвет соответствует настройкам для выделенных объектов (вызов настроек – кнопка на панели навигации в правом нижнем углу окна).

Как видно из рисунка, при различных настройках появляются дополнительные панели редактирования. Так настройки нумерации имен петель, а также нумерации расстановок появляются в зависимости от выбранного формата имени точек. Редактирование сдвига разбивки (заполнения) площади вызывается кнопкой (см. рис. 3, элемент 12). Также может быть включено отображение пикетов кнопкой (см. рис. Г.3, элемент 6).

Наименование петель (и их составных частей) возможно, в соответствии с ТЗ в нескольких вариантах:

- 1) *Name_Lnnn_Pktmmm* (где *Name* – имя исходного профиля; *nnn* – номер расстановки; *mmm* – номер пикета);
- 2) *Praaa_Lnnn_Pktmmm* (где *aaa* – порядковый номер профиля; *nnn* – номер расстановки; *mmm* – номер пикета);
- 3) *Lnnn_Pktmmm* (где *nnn* – номер расстановки; *mmm* – номер пикета);
- 4) *nnn_Ptmmm* (где *nnn* – номер расстановки; *mmm* – номер пикета);
- 5) *nnn_mmm* (где *nnn* – номер расстановки; *mmm* – номер пикета);

Углы петель при этом будут иметь аналогичное имя, однако вместо номера пикета будут состоять из символа **K** и номера угла от 1 до 4.

Маршруты и расстановки нумеруются номера 1, если не задана иная настройка. Пикеты всегда нумеруются от номера 1.

По завершении ввода необходимых настроек, необходимо применить их (кнопка или отменить (кнопка).

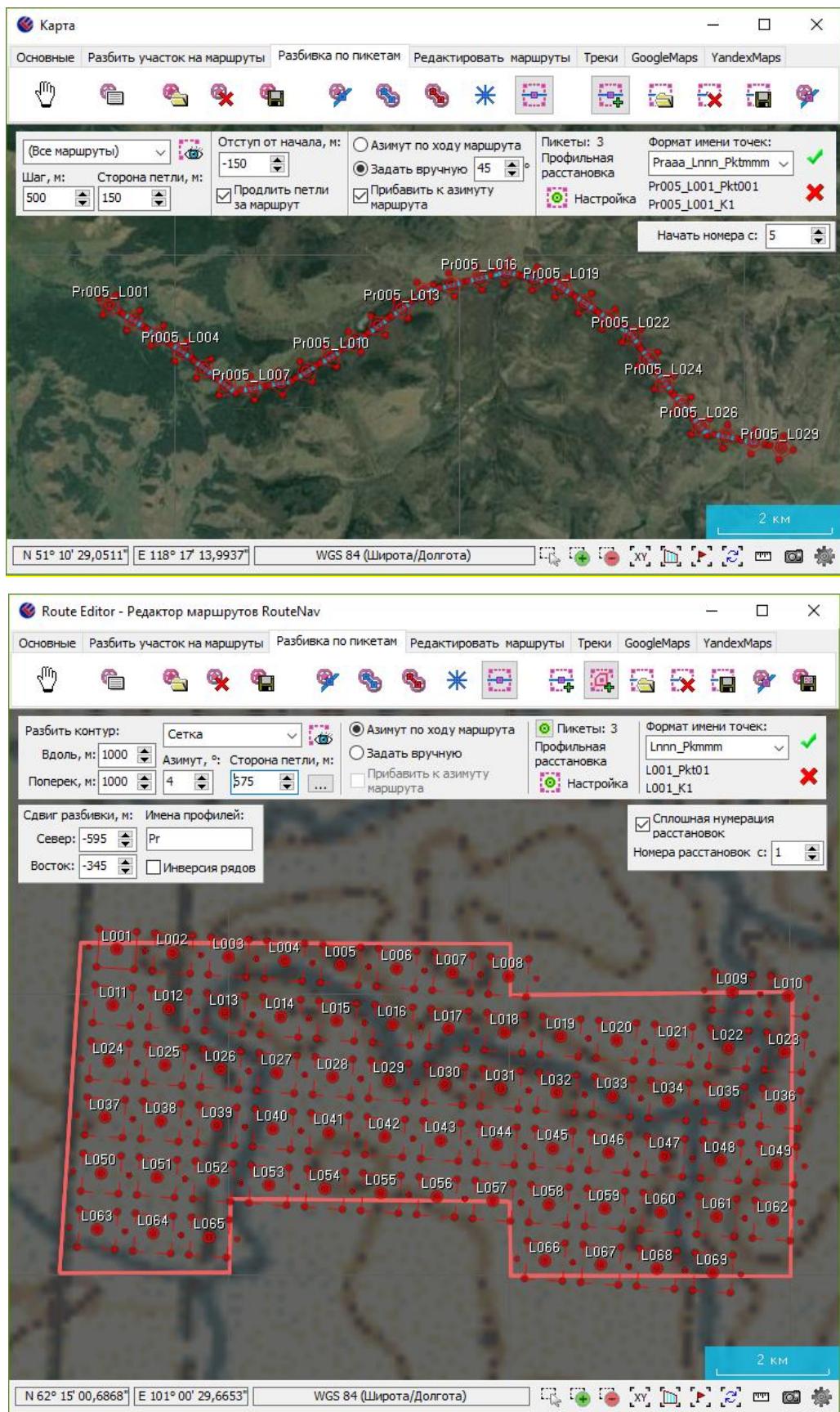


Рисунок Г.5 – Автоматическое разбиение профиля (вверху) и площади работ (снизу)

Расстановка пикетов

Если в процессе настроек не были выбраны параметры расстановки пикетов, то при применении разбивки открывается соответствующее окно, рисунок 5. Это же окно открывается при первом ручном создании петли (дальнейшие петли, создаваемые вручную, будут по умолчанию иметь настройки, идентичные последней созданной), а также может быть вызвано кнопкой  при автоматической разбивке (см. рис. Г.3, элемент 6).

В правой части окна расположена интерактивная схема расстановки (пользователь может перемещать ее, изменять масштаб, подсвечивать имена пикетов при наведении на них) и панель настроек. Могут быть настроены как параметры расстановки пикетов, так и самих петель (сторона, азимут, формат имен точек).

Для удобства, данное окно имеет собственные инструменты навигации и настройки вывода. В правом верхнем углу окна расположены кнопки навигации    (изменение масштаба, сброс масштаба и выравнивание по центру петли). Рядом с подписью группы настроек «Имена пикетов» расположена кнопка-иконка настройки вывода имен пикетов, которая может находиться в трех режимах – вывод имени только при наведении () , вывод полного имени всегда () , вывод только номеров пикетов () , рисунок Г.7. Окно также содержит легенду и масштабную линейку.

Расстановка пикетов возможна в пяти вариантах:

- площадная;
 - лучевидная;
 - профильная;
 - профильная расстановка с ортогональными выносными точками;
- расстановка по настраиваемому произвольному шаблону.

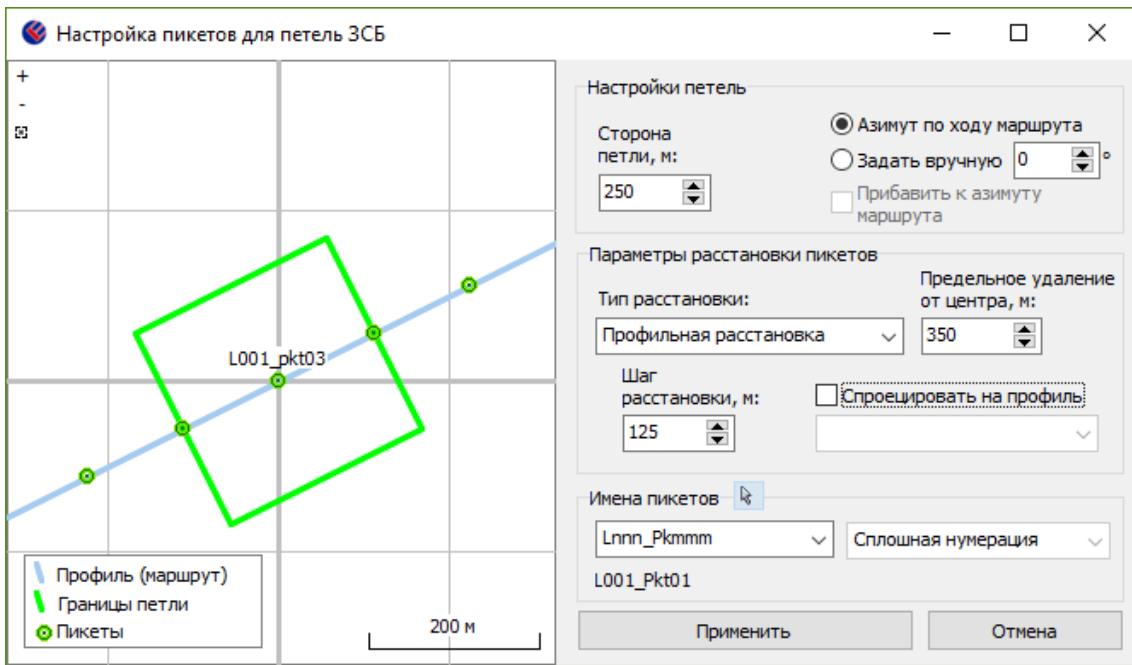


Рисунок Г.6 – Окно настройки расстановки пикетов для создаваемых петель

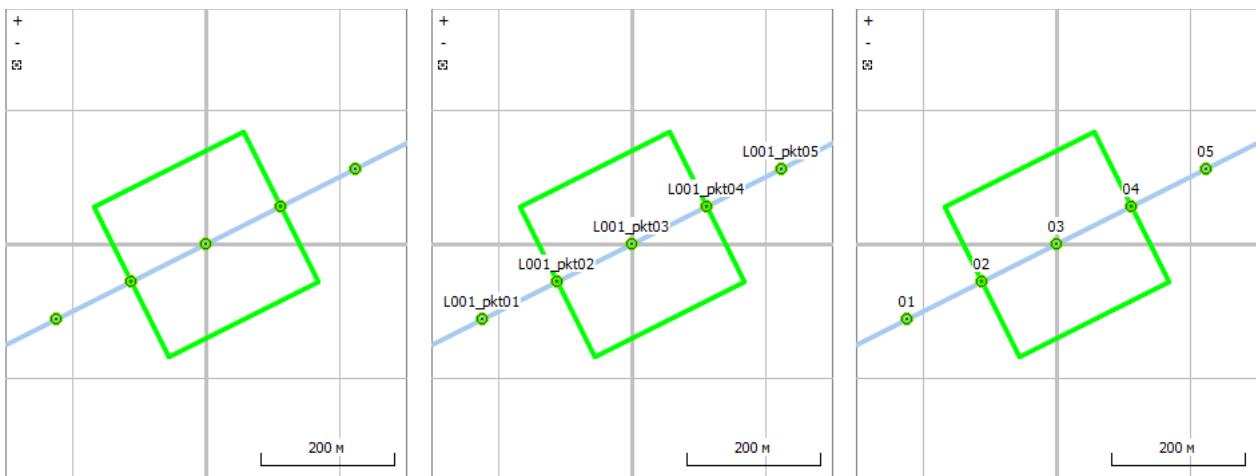
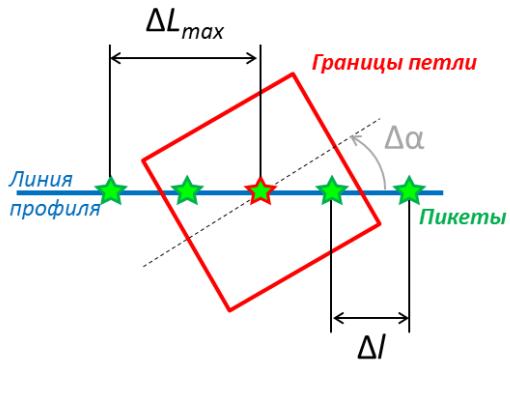


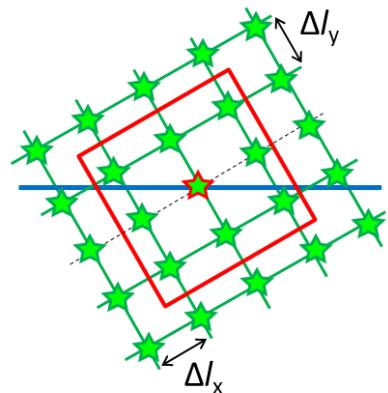
Рисунок Г.7 – Режимы вывода подписей пикетов

Первые четыре варианта расстановки автоматизированы и могут быть настроены по наборам изменяемых переменных. На рисунке Г.8 варианты расстановки (кроме расстановки по шаблону) показаны схематично. Каждый вариант расстановки имеет свой набор настроек.

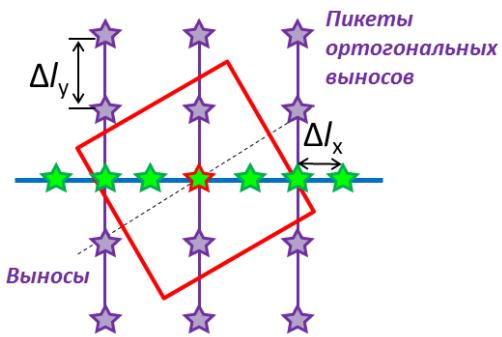
Профильная расстановка



Площадная расстановка



Профильная расстановка с ортогональными выносами



Лучевидная расстановка

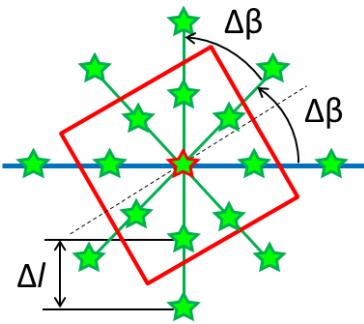


Рисунок Г.8 – Доступные варианты автоматической расстановки пикетов

Настраиваемыми параметрами расстановки являются: шаг расстановки Δl (может быть разделен на продольный Δl_x и поперечный Δl_y), угловой шаг $\Delta\beta$ при лучевидной расстановке, а также шаг ортогональных выносов (каждые n пикетов), рисунок Г.9.

Также доступна настройка имен (нумерации) пикетов. Нумерация пикетов может быть как сплошной, так и разбитой на составляющие части. Таким образом, для площадной расстановки, номер пикета будет состоять из номера ряда и пикета в нем; для лучевидной – номера луча и пикета на нем; для профильной с ортогональными выносами – номер выноса и пикета на нем.

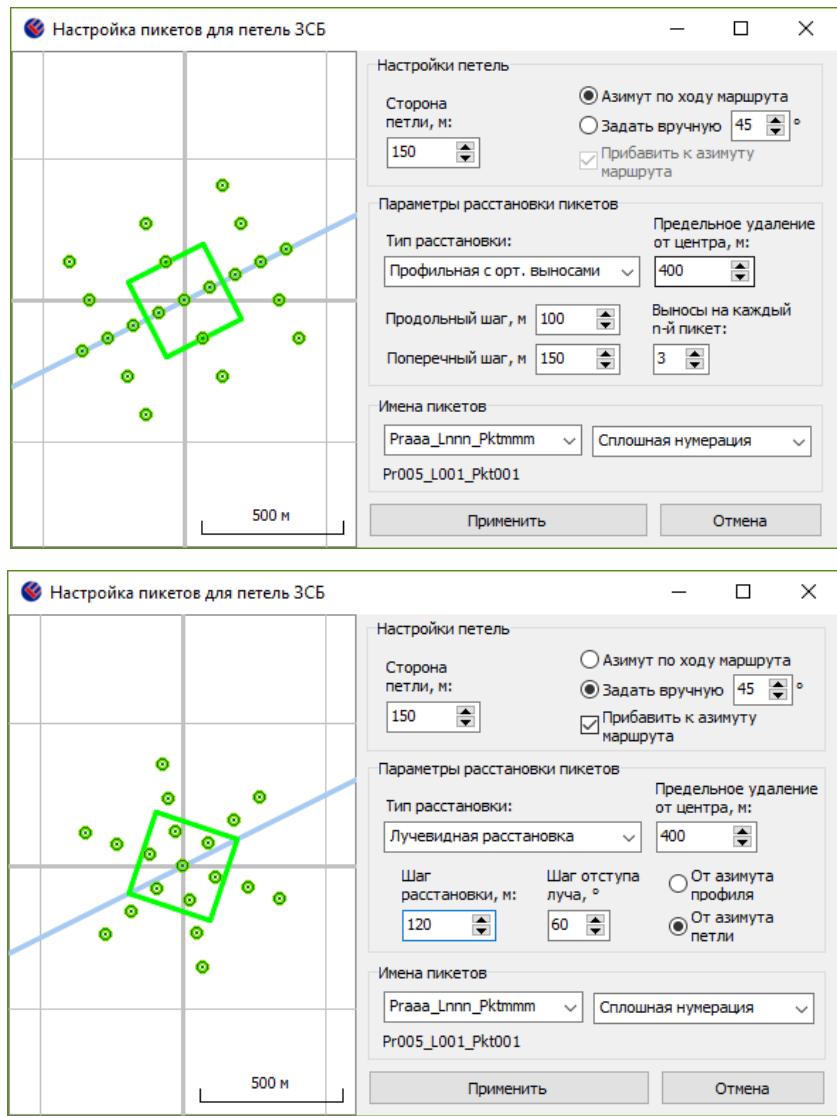


Рисунок Г.9 – Примеры различных настроек расстановки пикетов

Расстановка по шаблону в отличие от автоматизированных методов расстановки, позволяет более гибко настроить положение пикетов относительно центра петли. Сами шаблоны могут редактироваться, добавляться и удаляться.

Выбранный шаблон может быть повернут относительно азимута петли или азимута расстановки на заданный угол и отмасштабирован, рисунок Г.10.

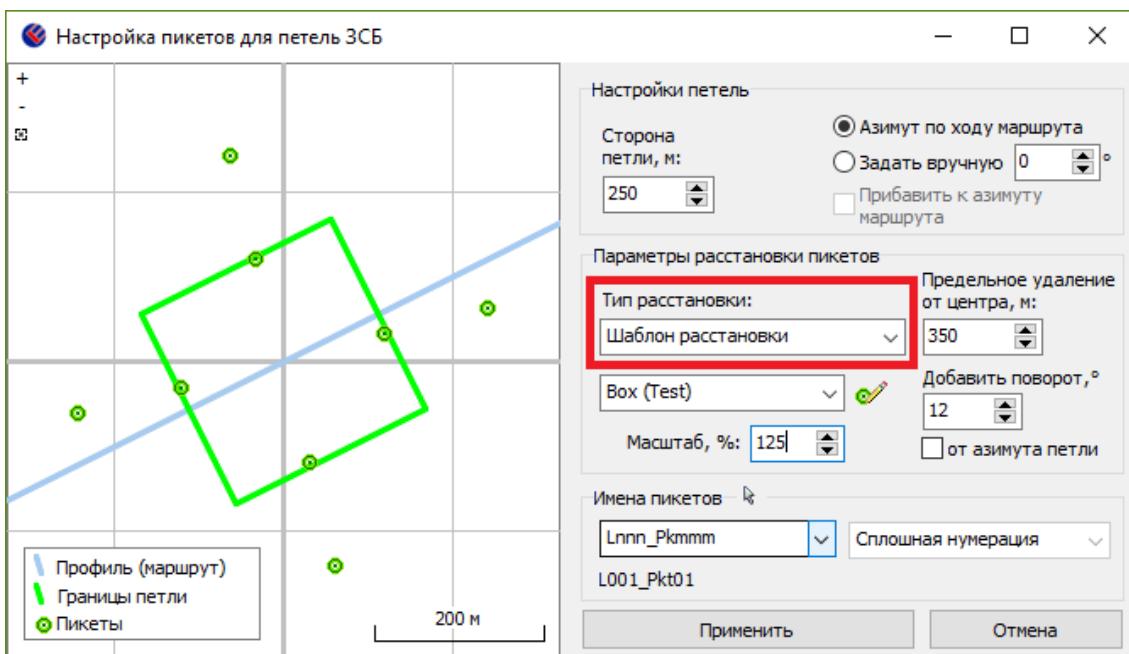


Рисунок Г.10 – Расстановка по шаблону

Для редактирования шаблона расстановки необходимо перейти в соответствующий режим нажатием кнопки рядом с меню выбора шаблонов. В данном режиме может быть настроена произвольная расстановка пикетов, рисунок Г.11.

Во время настройки шаблона расстановки подразумевается, что создаваемая конфигурация положения пикетов соответствует масштабу 100% и нулевому азимуту ориентации расстановки.

Редактируемый шаблон может быть заранее выбран из выпадающего списка в правой верхней части окна, а также удален из списка шаблонов (кнопка «Удалить»).

На схеме для масштаба отображаются границы петли в текущей конфигурации, сами пикеты становятся интерактивными – могут быть выбраны курсором мыши и перемещены методом Drag-And-Drop. Также координаты пикетов могут быть отредактированы вручную в прямоугольной или полярной системе координат относительно центра петли.

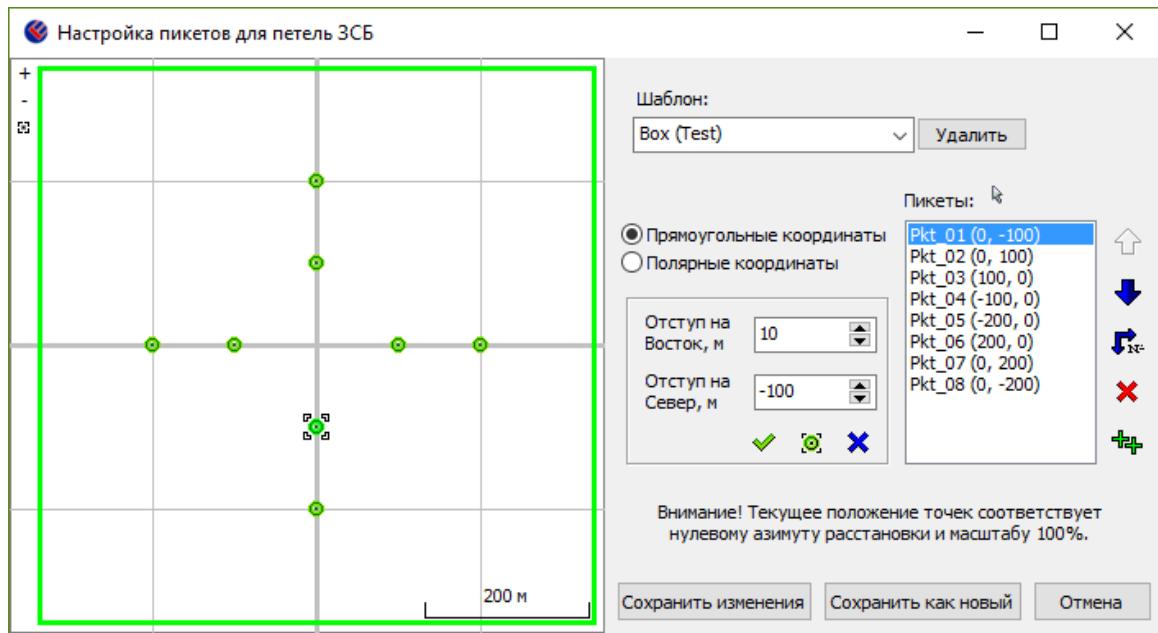


Рисунок Г.11 – Режим редактирования шаблона расстановки пикетов

Пикиты также доступны в виде списка, порядковое положение в котором может быть изменено (кнопками и) , также пикет может быть скопирован (кнопка) и удален (кнопка). Возможна также сортировка пикетов в списке (кнопка), причем нажатие по этой кнопке правой кнопкой мыши позволит выбрать больше вариантов сортировки. Двойной клик по списку отцентрирует схему на выбранном пикете.

При выделении (как кликом по схеме, так и в списке), пикет отобразится на схеме с рамкой . При наведении на выделенный пикет, курсор изменит вид на . В этом случае, выделенный пикет может быть перенесен в любое произвольное место зажатой левой кнопкой мыши.

Для того, чтобы задать координаты пикета вручную, необходимо выделить интересующий пикет, ввести желаемые координаты в специальных полях (см. рис. 11) и применить изменения нажатием кнопки . Для отмены последних изменений необходимо нажать кнопку . Кнопка центрирует схему на выбранном пикете.

Добавление нового пикета возможно копированием существующего (кнопка справа от списка) или через контекстное меню, вызываемое

нажатием правой кнопкой мыши в интересующей точке схемы, рисунок Г.12.

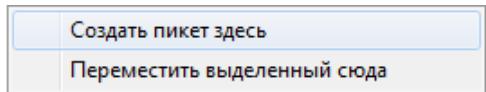


Рисунок Г.12 – Меню, доступное для схемы в режиме редактирования расстановки

Измененную схему можно сохранить под старым именем или в виде новой схемы (соответствующие кнопки).

Применение расстановки

После создания расстановок (кнопка , см. рис. 3, элемент 8) они отобразятся на карте-схеме цветом, выбранным для них в настройках программы, рисунок 13.

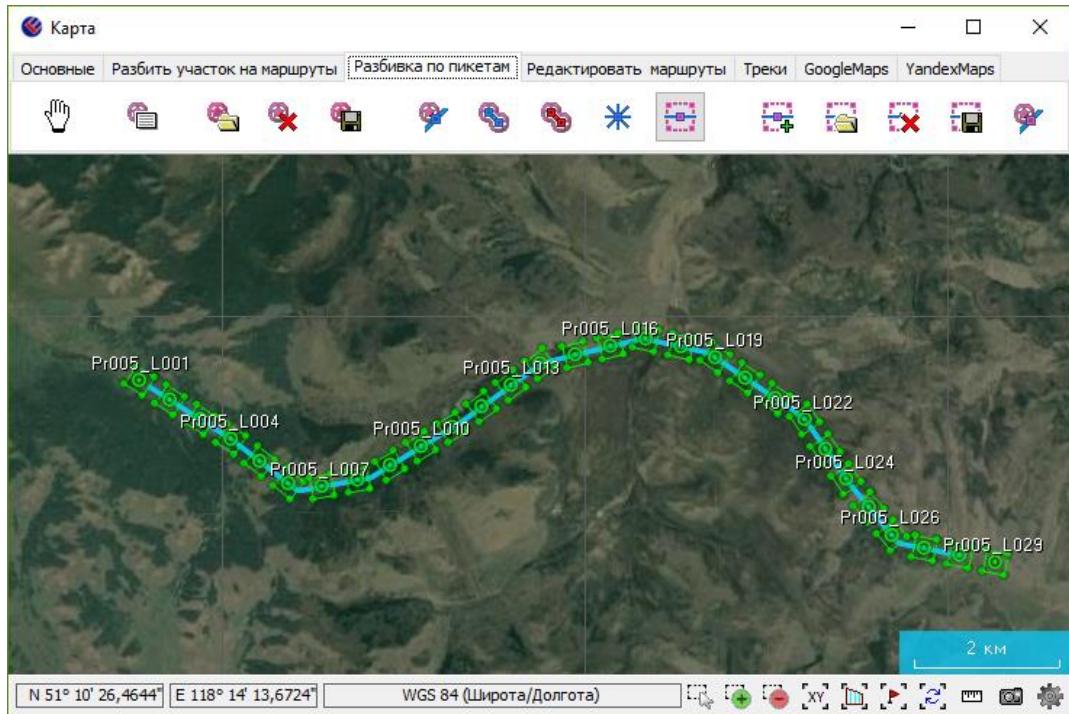


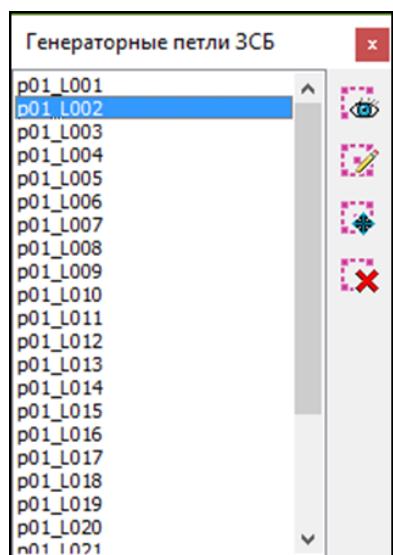
Рисунок Г.13 – Отображение созданных расстановок петель ЗСБ

Дальнейшие операции будут относиться к редактированию уже созданных петель и их загрузке и сохранению.

Г.2 Редактирование расстановок

Выделение петель. Работа со списком.

При наличии на карте-схемы хотя бы одной петли в режиме работы с петлями ЗСБ, автоматически открывается окно списка петель, облегчающее обращение к петлям и доступ к их редактированию. Окно также содержит кнопки действий с выделенными маршрутами в виде иконок, рисунок Г.14. Подписи с действиями кнопок возникают при наведении курсора на них.



Центрировать карту-схему на выбранных петлях
Редактирование выбранных петель
Сдвиг выбранных петель
Удаление выбранных петель

Рисунок Г.14 – Окно списка петель ЗСБ и функции его кнопок

Список может быть закрыт. Его повторное открытие вызывается повторным нажатием на кнопку режима .

Петли могут выбираться как в списке, так и на карте-схеме. При наведении курсора, линия контура петли отображается с большей толщиной. Как и в других режимах работы с RouteEditor, доступно

групповое выделение (кнопка на панели навигации внизу справа окна или зажатая клавиша Shift), добавление к выделению (или зажатая клавиша Ctrl), вычитание из выделения (или зажатая клавиша Alt), рисунок Г.15.



Рисунок Г.15 – Выделение петель для выбора наведением курсора (слева) и групповым выделением (справа)

Выбранная петля отображается со всеми пикетами, входящими в расстановку и отображением названий углов, рисунок 16. При групповом выборе, пикеты отображаются уменьшенными пунсонами и не подписываются.

Выделенные петли могут быть отредактированы, сдвинуты с заданным шагом и удалены соответствующими кнопками окна-списка (см. рисунок 14) и клавишами Enter (редактировать) и Del (удалить).

Как и при редактировании маршрутов, доступен откат действий (Ctrl+Z или кнопка на панели меню) и возвращение последнего действия (Ctrl+Shift+Z или кнопка).



Рисунок Г.16 – Выделение одной петли (слева) и более одной (справа)

Редактирование расстановок

При редактировании одной и более выбранных расстановок (Enter или кнопка списка петель), открывается панель настроек, рисунок Г.17.

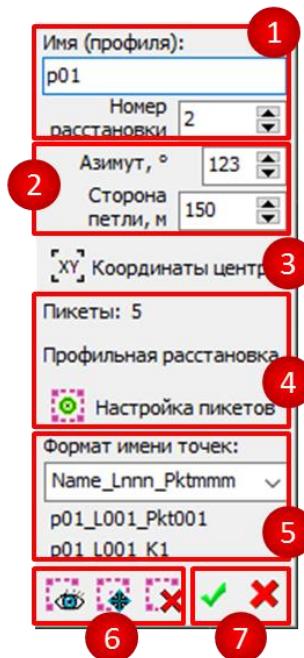


Рисунок Г.17 – Панель редактирования выбранной расстановки:

- 1) имя профиля (основное имя петли) и номер расстановки (дополнительное имя);
- 2) настройка азимута и стороны выбранной петли; 3) вызов окна редактирования координат центра петли; 4) информация о пикетах и кнопка настройки расстановки;
- 5) настройка формата имени точек расстановки с примерами; 6) кнопки действий (дублируют функции кнопок окна списка); 7) применить/отменить изменения

Если выбрана одна петля, доступно большее количество настроек – например, номер расстановки и координаты центра петли могут быть отредактированы соответственно в одноименном поле и при нажатии кнопки **[XY] Координаты центра**. Координаты центра могут быть заданы в любой доступной системе координат (по аналогии с настройкой маркеров) в специальном окне, рисунок Г.18. Выбор системы координат выполняется кнопкой «...». Также возможен ввод в WGS-84 и контроль пересчета.

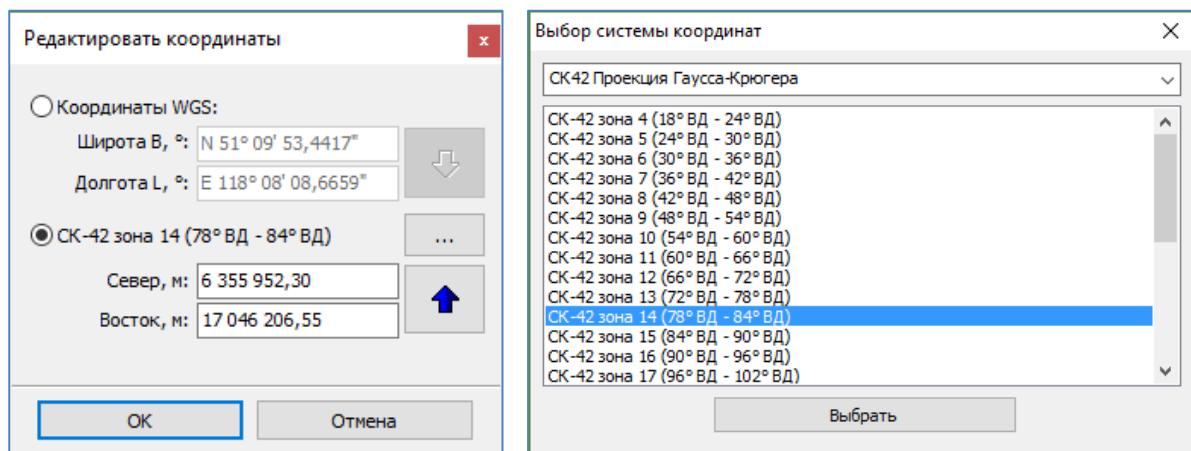


Рисунок Г.18 – Окно редактирования координат (слева) и выбора системы координат (справа)

Остальные настройки соответствуют настройкам, задаваемым при автоматической разбивке профиля (рассмотрены выше). Кнопка «Настройка пикетов» также вызывает окно конфигурации расстановки пикетов, но в данном режиме есть определенные отличия. Во-первых, становятся недоступны настройки азимута автоматической расстановки, во-вторых – на схеме отображается маршрут, на который производится проецирование (а не абстрактная линия, как при настройках разбивки), рисунок Г.19.

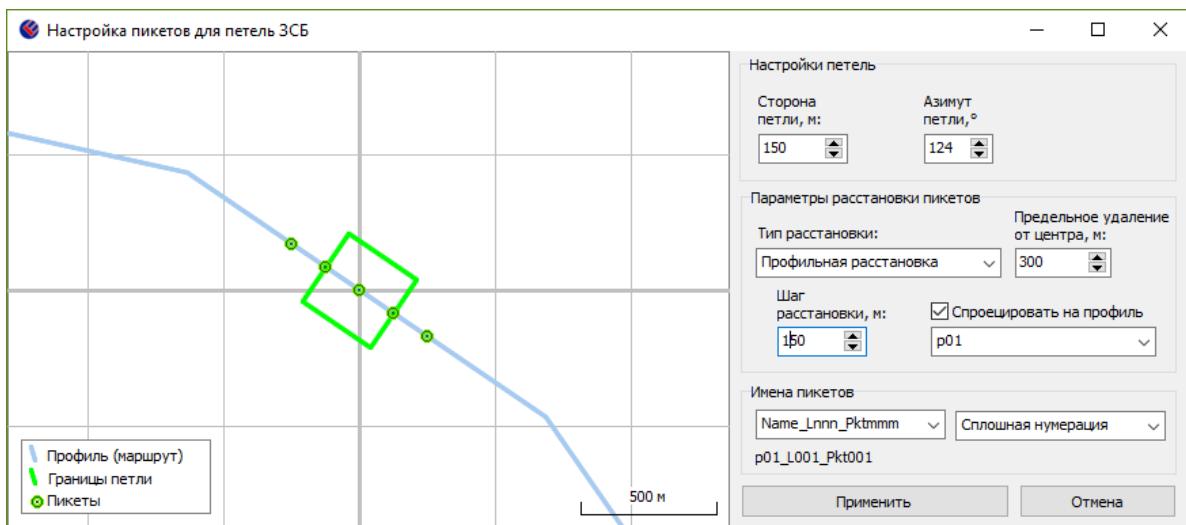


Рисунок Г.19 – Редактирование расстановки пикетов для выбранной петли

Важно отметить, что проекция на маршрут выполняется для случаев, когда предполагается криволинейный профиль или смещение центров петель, рисунок Г.20.

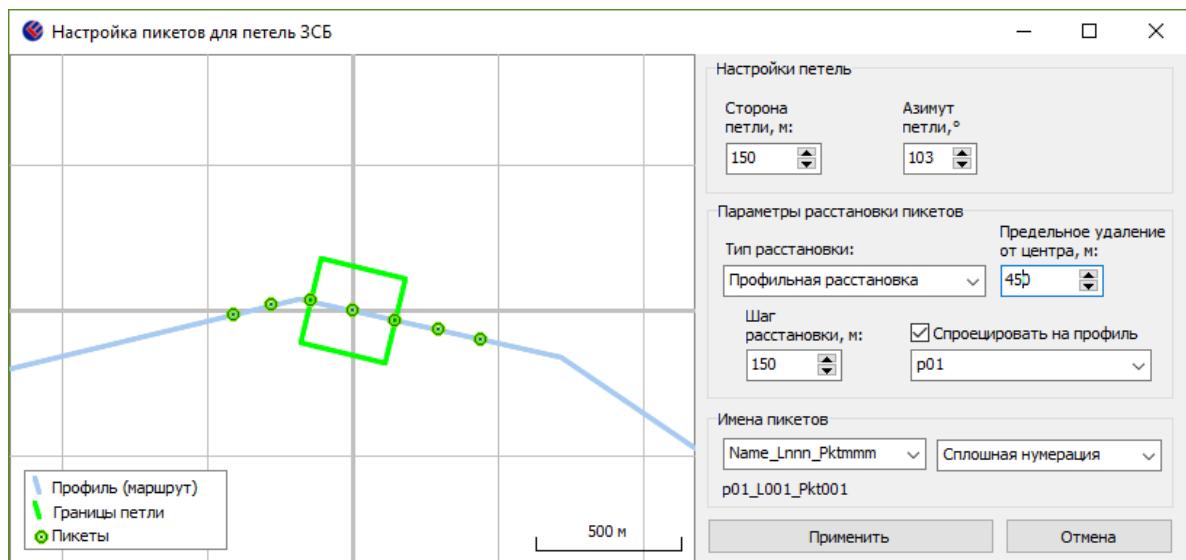


Рисунок Г.20 – Проецирование пикетов на криволинейный профиль

Если петля смещена относительно профиля, точки проецируются на него, рисунок Г.21.

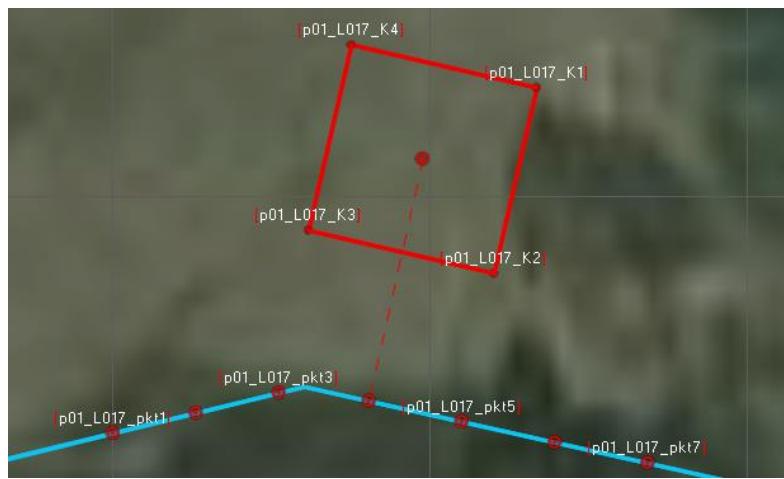


Рисунок Г.21 – Проецирование при смещении центра петли относительно линии профиля

Если проецирование отключено, пикеты выстраиваются в одну прямую по азимуту участка маршрута, на который петля попала при создании, и перемещаются вместе с ней.

При выборе нескольких расстановок, вводимые значения будут применяться сразу ко всем выделенным петлям. При этом параметры, различающиеся для разных петель, отобразятся шрифтом красного цвета, рисунок 22.

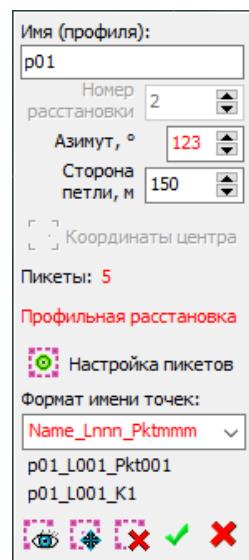


Рисунок Г.22 – Редактирование петель с разными параметрами

При редактировании нескольких петель изменения применяются только для редактируемых параметров (например, если несколько петель имеют разные азимуты, то можно, оставив их, изменить только размер стороны петли).

Редактирование расстановок нескольких петель применяется ко всем петлям, однако некоторые параметры (сторона петли, азимут петли, азимут расстановки) могут быть оставлены разными, рисунок Г.23.

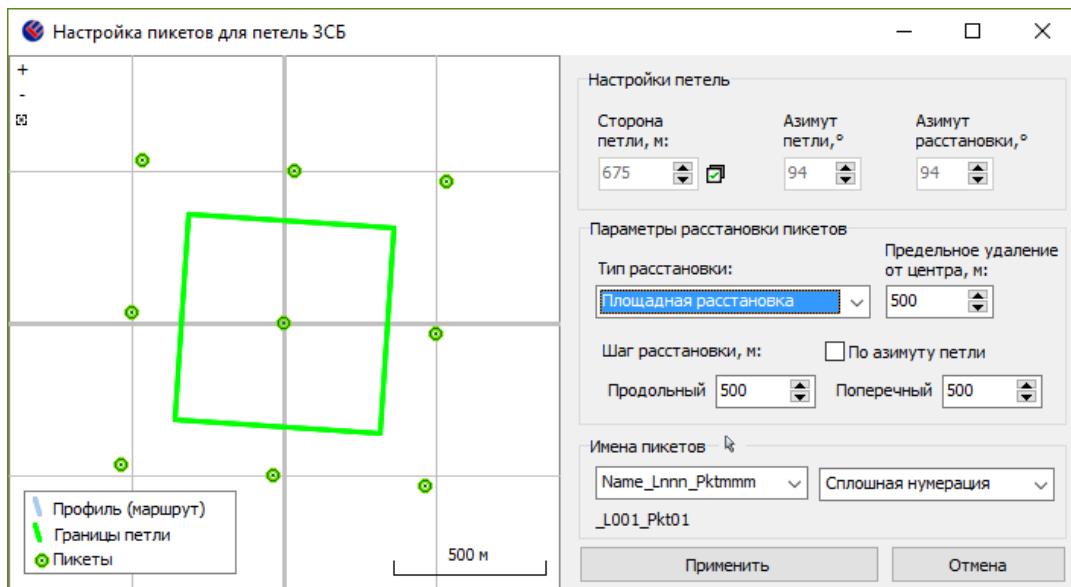


Рисунок Г.23 – Редактирование расстановки пикетов множества петель

Если данные параметры так же необходимо применить ко всем редактируемым петлям, необходимо нажать кнопку рядом с полем «Сторона петли». После нажатия, поля, находящиеся в верхней части окна, станут доступны к редактированию, а изменения применяются ко всем выбранным петлям.

Смещение петель с заданным шагом, сдвиг петель курсором

Выбранные расстановки могут быть перемещены с заданным шагом относительно сторон света текущей зоны проекции. Вызов данной

функции осуществляется кнопкой  окна списка петель и панели настроек. Окно сдвига показано на рисунке Г.24.

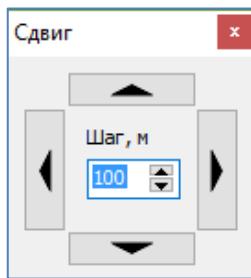


Рисунок Г.24 – Сдвиг по сторонам света с заданным шагом

Петли также могут быть «перетащены» курсором мыши в удобное место. Для этого петлю необходимо выделить, навести курсор на ее центр (под курсором появится иконка сдвига ), и потянуть с зажатой левой кнопкой мыши в необходимую область рабочего окна.

Г.3 Сохранение, загрузка, экспорт

Порядок сохранения результатов проектирования петель

Так как при проектировании петель набор точек строго систематизирован, то для окончательного перевода полученных пикетов, углов петель и центров расстановок выполняется перевод указанных точек в маркеры.

После данного перехода осуществляется окончательный экспорт во внешние форматы – текстовый, формат Surfer *.bln, формат GPS eXchange *.gpx (подходящий для навигаторов Garmin).

Таким образом, суммарно можно разделить работу с петлями на три этапа:

1) проектирование и редактирование петель:

а. автоматическая разбивка (или ручное добавление петель);

- b. редактирование петель (перенос, удаление/добавление, изменение параметров петель, изменение расстановок пикетов);
 - c. перевод полученных проектных расстановок в маркеры;
- 2) редактирование маркеров
- a. изменение положения отдельных проектных точек, пикетов;
 - b. редактирование границ петель, добавление/удаление точек;
- 3) экспорт результатов в нужный формат.

На всех трех этапах существует возможность сохранения/загрузки данных из различных форматов, таблица Г.1.

Таблица Г.1 – Этапы разработки ПО в соответствии с ТЗ

Этап работы	Поддерживаемые форматы	
	Импорт	Экспорт
проектирование и редактирование петель	*.rnk – проектные петли; *.txt, *.rts/*.rta, *.bln, *.gpx – профили, границы участка работ	*.rnk – проектные петли
редактирование маркеров	*.txt, *.mark – маркеры; *.udf – маркеры с метаданными для сравнительного анализа;	*.txt, *.mark – маркеры
экспорт результатов в нужный формат	*.txt, *.bln, *.gpx – профили, маркеры (как части петель), границы участка работ	*.txt, *.bln, *.gpx – маркеры (как части петель), профили, границы участка работ

Внимание! При передаче файлов *.rnk, убедитесь, что вместе с данным файлом передаются маршруты, на которые были спроектированы петли (если в настройках петель включено проектирование на маршруты). При сохранении проектных петель *.rnk, программа в той же папке автоматически создает одноименный резервный файл с профилями в формате *.rts.

Внутренний формат проектов петель

На этапе проектирования для сохранения и загрузки петель используется внутренний формат *.rnk. Для работы с ним на главной панели инструментов имеются кнопки загрузки, сохранения, очистки и экспорта петель (см. рис. 2).

При этом маршруты также должны быть сохранены в виде отдельных файлов (рекомендуется также использовать внутренний формат *.rts), их наличие необходимо для возобновления работы с петлями после закрытия программы (однако только если в настройках расстановки пикетов выбрано проецирование).

Петли могут подгружаться к существующим. Для этого следует нажать на кнопку открытия петель ЗСБ правой кнопкой мыши и выбрать соответствующий пункт меню, рисунок Г.25.

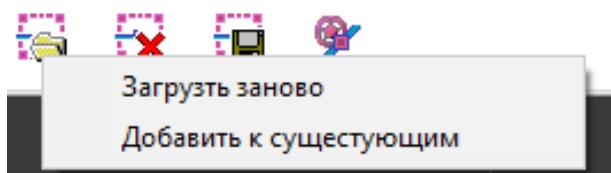


Рисунок Г.25 – Вызов подгрузки петель к существующим

Внутренний формат относится только к режиму редактирования петель до их перевода в маркеры.

Экспорт в маркеры и сохранение во внешних форматах

Для завершения редактирования данных расстановок, необходимо перевести их в маркеры. Данная процедура вызывается кнопкой и может быть настроена в соответствующем окне, рисунок Г.26.

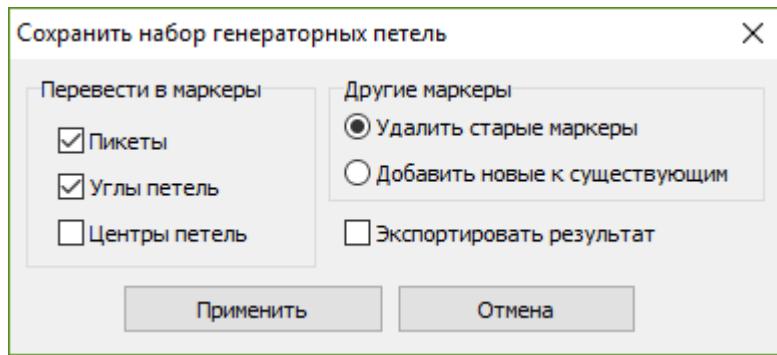


Рисунок Г.26 – Настройка экспорта петель

Существует возможность переводить в маркеры отдельные части петель, а также все доступные. В случае если редактирование петель далее не планируется, существует возможность выбрать опцию «Экспортировать результат» непосредственно в данном окне.

Внимание! Процесс перевода необратим (возможен только откат клавишами Ctrl+Z). Это означает, что маркеры не могут быть конвертированы обратно в проектные петли и отредактированы как их составные части. Перед выполнением данной операции рекомендуется предварительно сохранить проект петель в файл *.rnk на случай, если понадобится повторное изменение параметров петель.

После конвертации петель в маркеры, каждый полученный пикет может быть дополнительно независимо отредактирован инструментами работы с маркерами (добавление/удаление, перенос в точку заданными координатами, сдвиг по сторонам света, перетаскивание курсором). В качестве маркеров точки будут полностью независимы друг от друга, рисунок Г.27.

В режиме «Разбивка по пикетам» маркеры будут иметь различный вид, в зависимости от их функционального назначения в петлях (пикеты – круглые пунсоны с точкой внутри, среднего размера; углы петель – уменьшенные пунсоны; центры петель – пунсоны с пятиконечной звездой). Границы петель также будут показаны линиями.

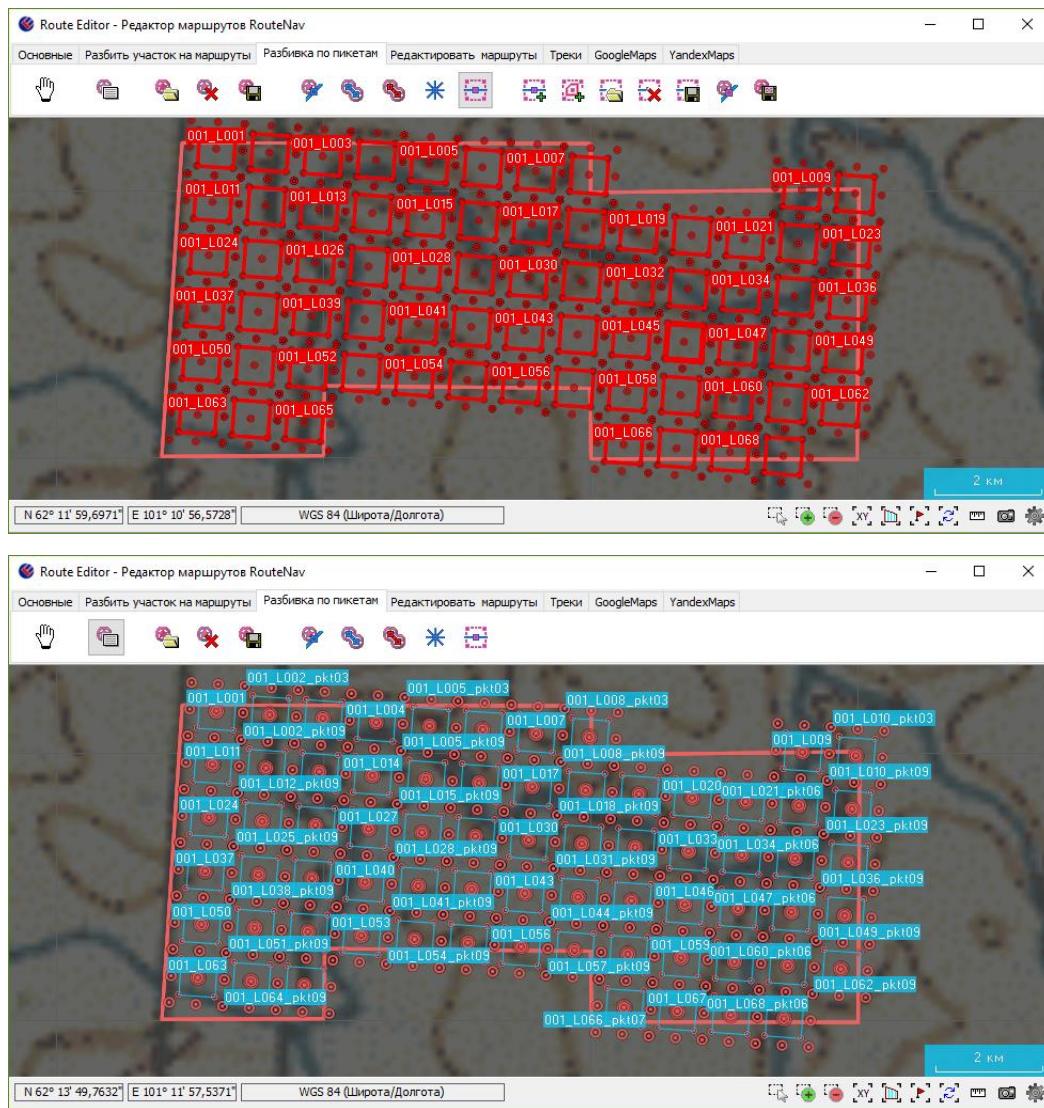


Рисунок Г.27 – Петли до (сверху) и после перевода в маркеры (внизу)

Для редактирования пикетов необходимо перейти в соответствующий режим кнопкой на панели инструментов. При этом откроется список доступных маркеров, будет возможно их добавление, редактирование и удаление. Также будет доступен множественный выбор и перетаскивание выделенных маркеров курсором, рисунок Г.28.

В режиме редактирования маркеров также возможно их одиночное и множественное выделение и перетаскивание курсором. Кроме того, им могут быть присвоены точные координаты в заданной СК или выполнен сдвиг по сторонам света (аналогично петлям, см. рис. Г.24).

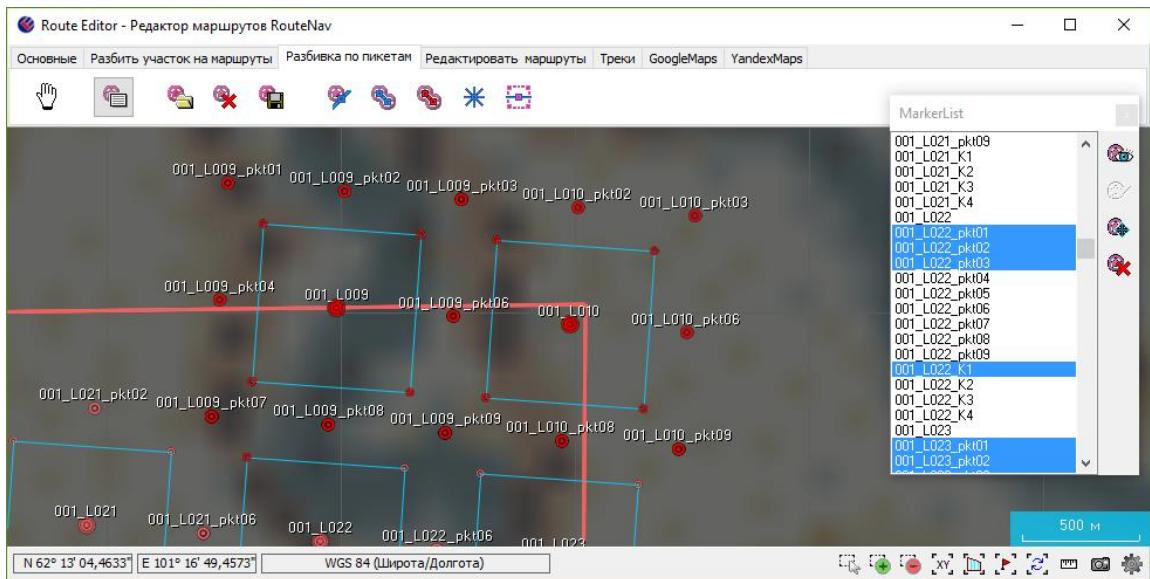


Рисунок Г.28 – Редактирование маркеров

Экспорт пикетов в различные форматы выполняется кнопками и (первая позволяет также сохранить маркеры не как петли, а как каталог точек в формате *.mark или *.txt), показанными на рисунке Г.29.

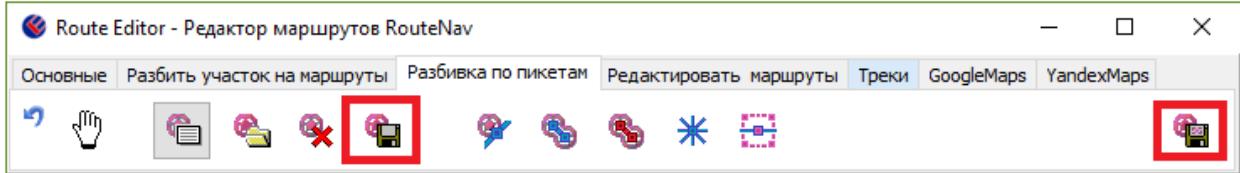


Рисунок Г.29 – Кнопки экспорта маркеров

Окно экспорта позволяет настроить параметры сохранения информации, рисунок Г.30. Поддерживаемые форматы подходят для передачи полученных точек в различные сторонние программы и устройства. Для хранения проектных каталогов петель может использоваться внутренний формат *.mark, а также сторонние форматы *.gpx *.txt.

При экспорте существует возможность удалить маркеры после сохранения, экспортовать новые (полученные последним разбиением/переводом), а также настроить данные, выводимые в отчетные файлы.

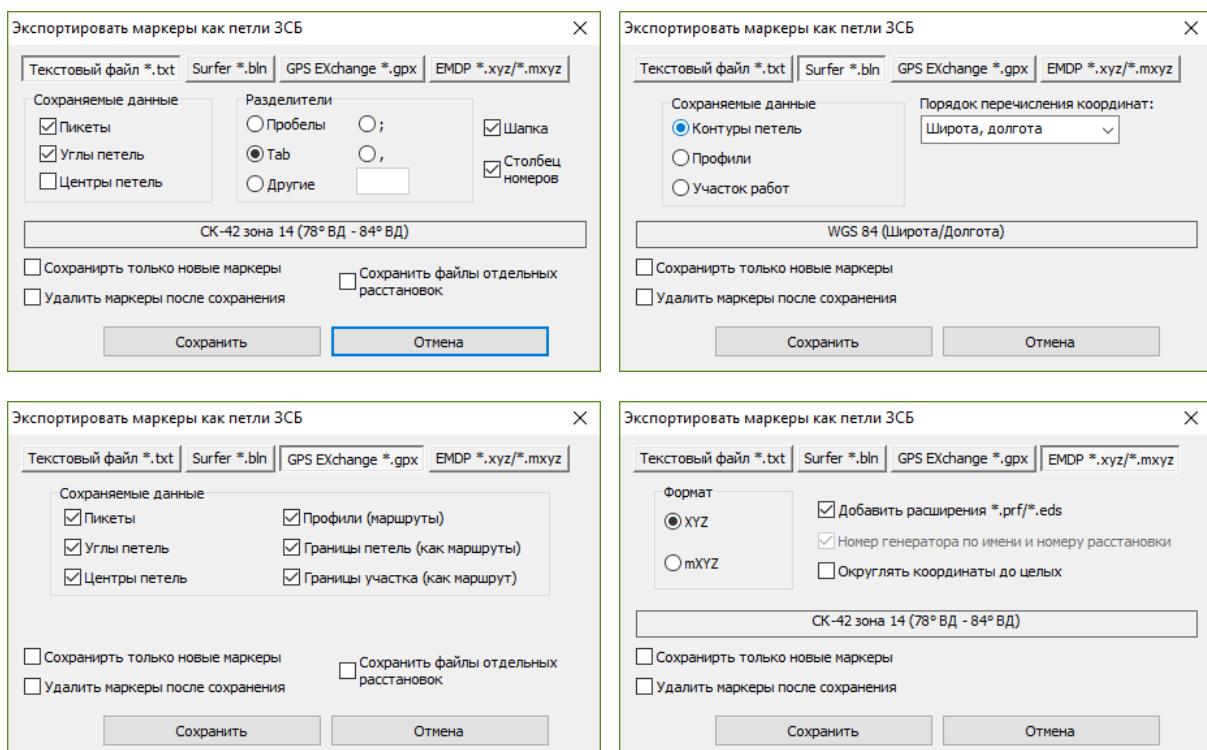


Рисунок Г.30 – Окно экспорта маркеров (как элементов петель ГСЗ) в различные форматы

Г.4 Статистические отчеты по петлям

Общие статистические данные

По проектным петлям (в режиме проектирования петель) и по полученным маркерам могут быть сформированы отчеты. Вызов окна отчетов выполняется нажатием на кнопку-иконку «Статистика» (≡) на панели навигации, рисунок Г.31.



Рисунок Г.31 – Кнопка «Статистика» на панели навигации

В окне статистики отобразится общая статистическая информация о петлях, могут быть выведены таблицы, содержащие координаты центров, угловых точек и пикетов в заданной системе координат. На рисунке Г.32 показан пример общего отчета по петлям.

Статистический отчет RouteEditor

Общие

Участок работ
Площадь участка (внутри границ маршрутов): 3 610 076,62 м²
Периметр границы участка: 7 600,13 м
Угловых точек границ участка: 5

Петли ЗСБ

<input type="radio"/> Проектные петли	<input checked="" type="radio"/> Маркеры
<input checked="" type="checkbox"/> Центры	<input checked="" type="checkbox"/> Углы
<input checked="" type="checkbox"/> Пикеты	<input type="checkbox"/> Сравнение с UDF

Центры генераторных петель (проектные)

№ п/п	Профиль	Имя ГП	X, м	Y, м	Примечание
1	L001		17119624,737	6884697,120	
2	L002		17120109,476	6884453,209	
3	L003		17120594,226	6884209,283	
4	L004		17121078,987	6883965,343	
5	L005		17119866,064	6885183,188	
6	L006		17120350,817	6884939,287	
7	L007		17120835,581	6884695,372	
8	L008		17121320,356	6884451,443	
9	L009		17120107,379	6885669,269	
10	L010		17120592,147	6885425,380	
11	L011		17121076,925	6885181,476	
12	L012		17121561,714	6884937,557	
13	L013		17120348,684	6886155,365	
14	L014		17120833,465	6885911,486	
15	L015		17121318,257	6885667,593	
16	L016		17121803,060	6885423,685	

Угловые точки генераторных петель (проектные)

№ п/п	Профиль	Номер ГП	Имя угла	X, м	Y, м	Примечание
1	L001	L001_K1		17119564,465	6884879,319	
2	L001	L001_K2		17119442,642	6884636,873	
3	L001	L001_K3		17119685,008	6884514,920	
4	L001	L001_K4		17119806,834	6884751	

Выводить поля таблиц Полные имена СК-42 зона 14 (78° ВД - 84° ВД)

Сохранить Закрыть

Рисунок Г.32 – Общая статистика и таблицы данных с выделенными группами настроек выводимой отчетной информации непосредственной по петлям СЗБ (1) и формата выводимых данных (2)

Как было отмечено выше, вывод статистики доступен для проектных петель и по маркерам. Так как маркеры могут быть импортированы из произвольных форматов, то, в отличие от петель, они могут не содержать части точек. Например, могут отсутствовать маркеры центров петель. В этом случае центры петель могут быть вычислены как среднее арифметическое из координат углов ГП. В этом случае, они будут выделены жирным шрифтом, а в графу «Примечание» добавится соответствующая заметка, рисунок Г.33.

The screenshot shows the 'Статистический отчет' (Statistical Report) window with the following interface elements:

- Top Left:** 'Общие' (General) tab selected. Other tabs include 'Траектория' (Trajectory) and 'Петли ЗСБ' (ZSBU Loops).
- Left Panel:** Checkboxes for 'Участок работ' (Workpiece segment) and 'Маршруты (профили)' (Routes (profiles)).
- Middle Panel:** Checkboxes for 'Суммарно' (Summarized), 'Выдерживание маршрутов' (Route adherence), 'Перечень срывов наблюдений' (List of breakouts), and 'Сравнение двух треков' (Comparison of two tracks). A radio button group for 'Петли ЗСБ' (ZSBU Loops) has 'Проектные петли' (Project loops) and 'Маркеры' (Markers) selected.
- Tables:**
 - Centers of generator loops (projective):**

№ п/п	Профиль	Имя ГП	X, м	Y, м	Примечание
1		L003	17120594,226	6884209,283	
2		L004	17121078,987	6883965,343	
3		L006	17120350,817	6884939,287	
4		L007	17120835,581	6884695,372	
5		L008	17121320,356	6884451,443	
6		L009	17120107,379	6885669,269	
7		L010	17120592,147	6885425,380	
8		L011	17121076,925	6885181,476	
9		L012	17121561,714	6884937,557	
10		L013	17120348,684	6886155,365	
11		L014	17120833,465	6885911,486	
12		L015	17121318,257	6885667,593	
13		L016	17121803,060	6885423,685	
14		L001	17119624,737	6884697,120	Среднее от углов
15		L002	17120109,476	6884453,209	Среднее от углов
16		L005	17119866,064	6885183,188	Среднее от углов
 - Corner points of generator loops (projective):**

№ п/п	Профиль	Номер ГП	Имя угла	X, м	Y, м	Примечание
1		L001	L001_K1	17119564,465	6884879,319	
2		L001	L001_K2	17119442,642	6884636,873	
3		L001	L001_K3	17119685,008	6884514,920	
4		L001	L001_K4	17119806,834	6884757,369	
5		L002	L002_K1	17120049,205	6884635,414	
- Bottom:** Checkboxes for 'Выводить поля таблиц' (Output table fields) and 'Полные имена' (Full names). Buttons for 'Сохранить' (Save) and 'Закрыть' (Close).

Рисунок Г.33 – Вычисление центров генераторных петель в случае их отсутствия в виде маркеров

Результат может быть сохранен в текстовом формате *.txt и в формате *.rtf откуда таблицы удобно копировать в офисные приложения Microsoft Word и Excel.

Для выводимой информации может быть выбрана система координат, формат имен точек (только номера или полные названия), формат вывода таблиц (текст через табуляцию для упрощенного экспорта или в виде оформленных таблиц RichText, флажок «Выводить поля таблиц»).

Сравнение проектных и измеренных рядовых пикетов

Одной из дополнительных функций, добавленных в RouteEditor, является возможность сравнения и оценки полевых измерений на пунктах СЗБ, импортируемых из формата *.udf с проектными координатами рядовых пикетов генераторных петель.

Для решения данной задачи необходимо загрузить проектные данные и файлы *.udf (порядок не имеет значения), затем открыть окно статистики и вывести соответствующие данные.

Чтобы импортировать проверяемые пикеты из файлов *.udf необходимо открыть их как маркеры (кнопка  панели главного меню, доступная в режимах «Основные» и «Разбивка по пикетам»), рисунок Г.34.

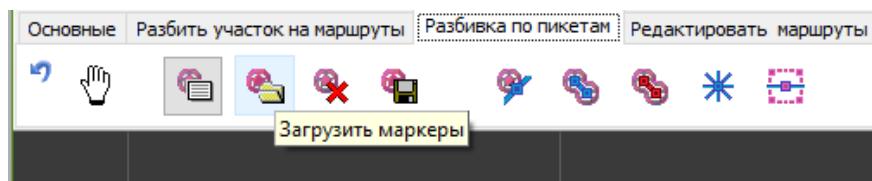


Рисунок Г.34 – Кнопка вызова загрузки маркеров

Среди форматов загрузки будет доступен также и формат *.udf.

В диалоге открытия файлов доступен множественный выбор. Можно загрузить все файлы директории (сочетание клавиш Ctrl+A).

При открытии файлов *.udf доступны настройки импорта, редактируемые в соответствующем окне, рисунок Г.35.

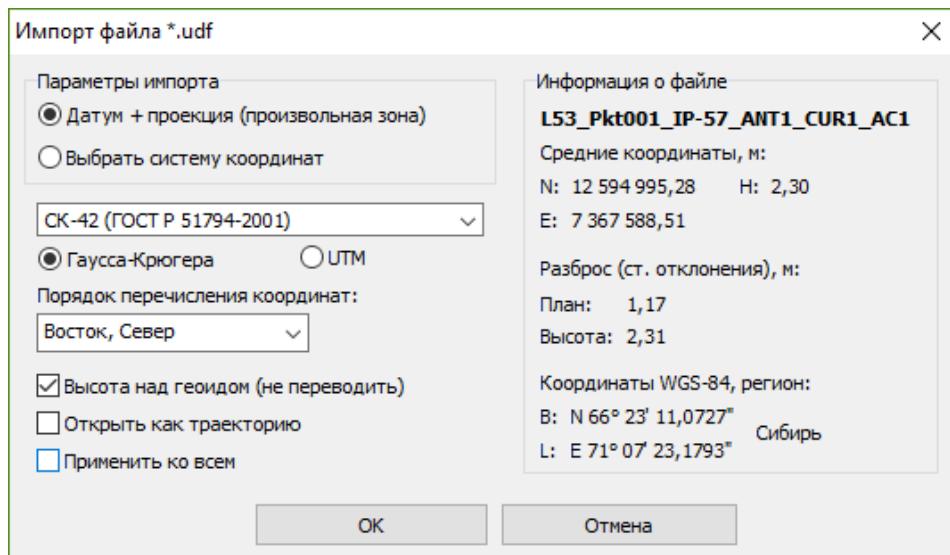


Рисунок Г.35 – Импорт файлов *.udf

При импорте могут быть проанализированы как отдельные файлы, так и применены общие настройки импорта (флажок «Применить ко всем»). Главными параметрами импорта являются система координат (может быть задана двумя способами: «Датум + проекция» с произвольной шестиградусной зоной проецирования Гаусса-Крюгера или UTM и «Система координат» с фиксированными параметрами проекции) и настройка порядка перечисления координат.

В правой части окна доступен экспресс-анализ открываемого файла для контроля правильности выбранных настроек.

Если какие-либо файлы вызывают вопросы (например, значительный разброс координат), файл может быть импортирован также как траектория, рисунок Г.36.

В таком виде может быть выполнен как визуальный анализ, так и определение более корректных координат точки (в том числе, с помощью инструментов работы с траекторией, позволяющих выполнять осреднение с фильтрацией).

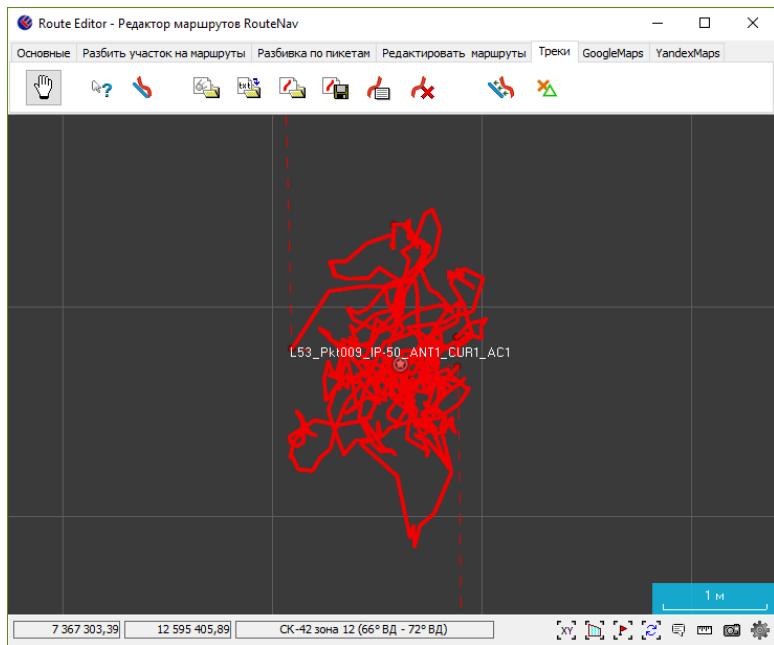


Рисунок Г.36 – Координатные измерения из файла *.udf, загруженные в виде траектории

В режиме «Разбивка по пикетам», точки из файлов *.udf (с осредненными координатами) будут отображаться цветом, выбранным в настройках для проектных петель, рисунок Г.37.

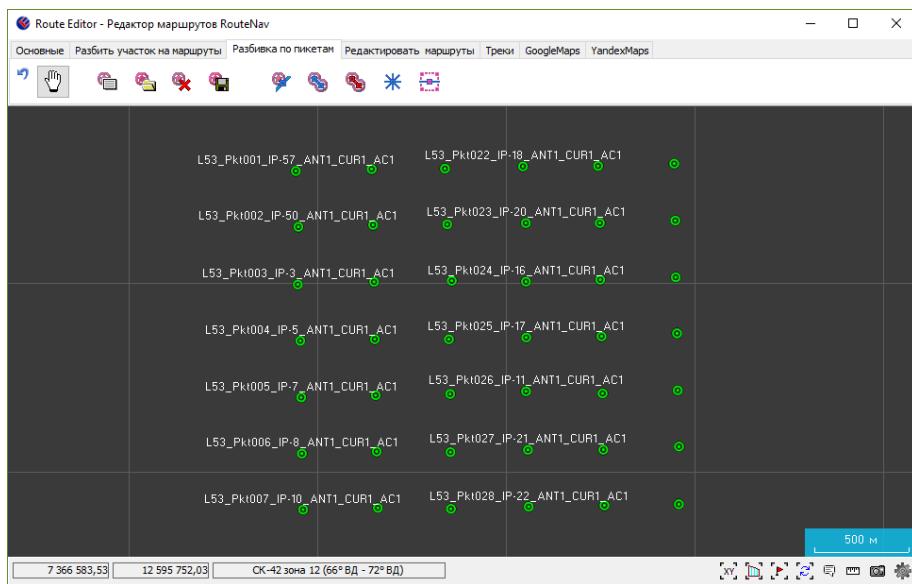


Рисунок Г.37 – Маркеры, загруженные из файла *.udf

В качестве проектных данных могут быть подгружены как проекты петель (формат *.rnk), так и маркеры из форматов *.gpx, *.txt, *.mark.

На рисунке Г.38 показаны оба варианта применения исходных данных.

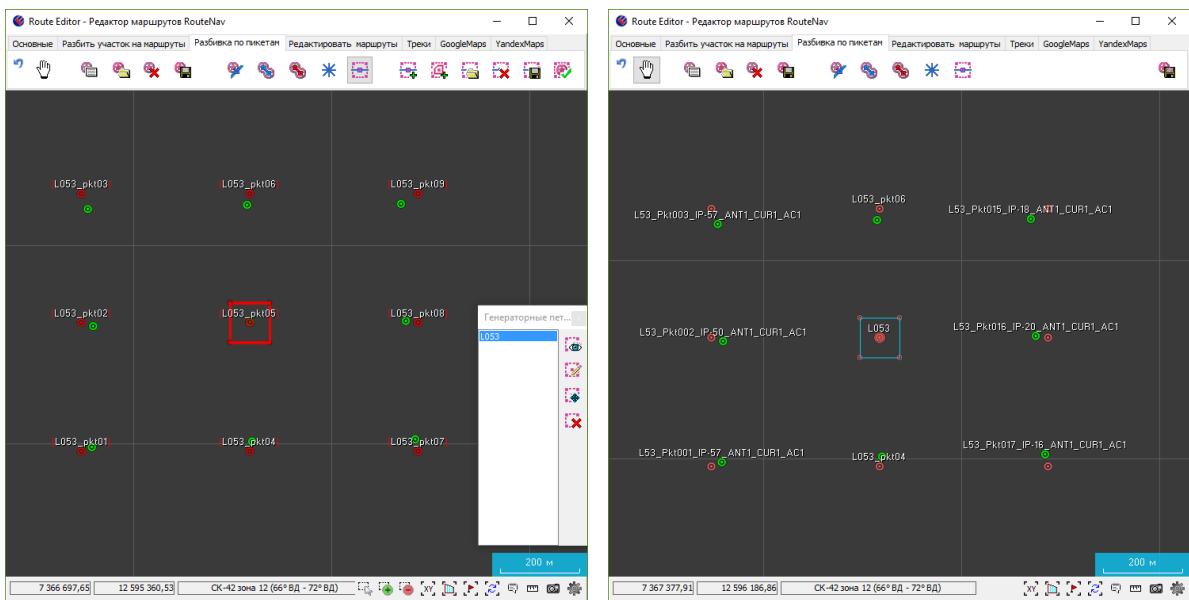


Рисунок Г.38 – Сравнение точек из файла *.udf с проектными петлями (слева) и с маркерами (справа)

Отчет по сравнению будет состоять из одной или двух таблиц. В идеальном случае, имена файлов *.udf соответствуют определенным расстановкам и пикетам. Фактически же в именах файлов могут быть допущены ошибки, и номера проектных пикетов и расстановок не будут соответствовать им.

Для обнаружения таких проблем сравнение выполняется в два этапа:

- подбор соответствий по именам (номерам расстановок, номерам пикетов);
- поиск ближайших пикетов по координатам.

При поиске ближайших пикетов в случае наличия нескольких пикетов в одной ближайшей точке преимущество отдается пикетам с номером расстановки, заданным в имени точки из *.udf.

Таким образом, по результату анализа будет выведена таблица с результатами подбора пикетов по именам (эта таблица будет выведена обязательно) и таблица со сравнением с ближайшими пикетами по расстояниям (если есть пикет ближе к текущему, чем соответствующий по имени или если соответствия по имени не обнаружено). Вторая таблица может отсутствовать, если ошибок соотнесения не выявлено.

Для вызова отчета необходимо войти в окно статистики (см. рис. 31, 32) и активировать флагок «Сравнение с UDF». На рисунке Г.39 приведены таблицы для примера, в котором два пикета имеют с ошибки в названии. Эти пикеты в основной таблице выделены красным цветом и вынесены во вторую таблицу с сохранением порядковых номеров из первой.

Статистический отчет

Общие

Участок работ
 Маршруты (профили)

Траектория

Суммарно
 Выдерживание маршрутов
 Перечень срывов наблюдений
 Сравнение двух треков

Петли ЗС

Проектные петли
 Маркеры
 Центры
 Углы
 Пикеты
 Сравнение с UDF
 Точность

Петли ЗС

Маркеры

Всего петель: 1
Из них внутри участка: 0
Сторона петли: 100,0
Общее число пикетов: 9
Пикетов на расстановках: 9,0

Измеренные и проектные координаты рядовых пикетов ГП

Сравнение пунктов по именам

№ п/п	Профиль	Номер ГП	Имя пикета	Имя файла измерений	Хизн, м	Уизн, м	Низн, м	Хпр, м	Упр, м	Откл.(план), м
1	L053	L053_pk03	L53_Pkt003_IP-57_ANT1_CUR1_AC1	12594995,280	7367588,510	2,300	12594979,283	7367627,060	41,721	
2	L053	L053_pk03	L53_Pkt003_IP-57_ANT1_CUR1_AC2	12594995,290	7367588,501	2,200	12594979,283	7367627,060	41,733	
3	L053	L053_pk02	L53_Pkt002_IP-50_ANT1_CUR1_AC1	12595008,380	7367292,839	-1,800	12594979,281	7367301,931	31,047	
4	L053	L053_pk02	L53_Pkt002_IP-50_ANT1_CUR1_AC2	12595008,386	7367292,834	-1,800	12594979,281	7367301,931	31,054	
5	L053	L053_pk01	L53_Pkt001_IP-57_ANT1_CUR1_AC1	12595005,640	7366987,420	-2,100	12594979,280	7366976,801	28,407	
6	L053	L053_pk01	L53_Pkt001_IP-57_ANT1_CUR1_AC2	12595005,640	7366987,420	-2,100	12594979,280	7366976,801	28,407	
7	L053	L053_pk06	L53_Pkt005_IP-57_ANT1_CUR1_AC1	12595397,850	7367598,650	-2,000	12595404,452	7367627,058	29,154	
8	L053	L053_pk06	L53_Pkt005_IP-57_ANT1_CUR1_AC2	12595397,860	7367598,662	-2,000	12595404,452	7367627,058	29,139	
9	L053	L053_pk05	L53_Pkt005_IP-50_ANT1_CUR1_AC1	12595405,160	7367303,412	0,300	12595404,450	7367301,929	1,643	
10	L053	L053_pk05	L53_Pkt005_IP-50_ANT1_CUR1_AC2	12595405,160	7367303,421	0,300	12595404,450	7367301,929	1,652	
11	L053	L053_pk04	L53_Pkt004_IP-3_ANT1_CUR1_AC1	12595410,290	7367001,602	-2,000	12595404,449	7366976,799	25,471	
12	L053	L053_pk04	L53_Pkt004_IP-3_ANT1_CUR1_AC2	12595410,280	7367001,611	-2,000	12595404,449	7366976,799	25,478	
13	L053	L053_pk09	L53_Pkt09_IP-18_ANT1_CUR1_AC1	12595786,430	7367601,310	-21,700	12595829,621	7367627,056	50,262	
14	L053	L053_pk09	L53_Pkt09_IP-18_ANT1_CUR1_AC2	12595786,430	7367601,319	-22,100	12595829,621	7367627,056	50,258	
15	-	-	L53_Pkt016_IP-20_ANT1_CUR1_AC1	12595798,757	7367306,095	4,500	-	-	-	
16	-	-	L53_Pkt016_IP-20_ANT1_CUR1_AC2	12595798,755	7367306,103	4,500	-	-	-	
17	L053	L053_pk07	L53_Pkt07_IP-16_ANT1_CUR1_AC1	12595822,540	7367007,251	-0,600	12595829,618	7366976,797	31,253	
18	L053	L053_pk07	L53_Pkt07_IP-16_ANT1_CUR1_AC2	12595822,540	7367007,251	-0,600	12595829,618	7366976,797	31,253	

Таблица несопадений/ошибок имен (присвоение пикета по наименшему расстоянию)

№ п/п	Профиль	Номер ГП	Имя пикета	Имя файла измерений	Хизн, м	Уизн, м	Низн, м	Хпр, м	Упр, м	Откл.(план), м
15	L053	L053_pk08	L53_Pkt016_IP-20_ANT1_CUR1_AC1	12595798,757	7367306,095	4,500	12595829,619	7367301,927	31,130	
16	L053	L053_pk08	L53_Pkt016_IP-20_ANT1_CUR1_AC2	12595798,755	7367306,103	4,500	12595829,619	7367301,927	31,134	

Выводить поля таблиц
 Полные имена
СК-42 зона 12 (66° ВД - 72° ВД)

Сохранить Закрыть

Рисунок Г.39 – Таблицы сравнения проектных и измеренных координат пикетов

Оценка точности (СКО в плане и по высоте относительно средних значений координат), которая отображалась при импорте *.udf (см. рис. 35) также может быть отображена в таблицах при выборе в фляжка «точность», рисунок Г.40.

Рисунок Г.40 – Вывод точностных характеристик измеренных пикетов

Подобные отчеты могут значительно ускорить и повысить удобство выполнения полевых работ методом ЗСБ и улучшить их контроль в камеральных условиях.

Станислав Олегович Шевчук

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник ЗАО «Аэрогеофизическая разведка», главный научный сотрудник АО «РИРВ».

Автор более 50 научных публикаций, в т. ч. четырех патентов РФ на изобретения и программ для ЭВМ.

E-mail: staspp@211.ru

ЗАО «Аэрогеофизическая разведка»:

- Входит в топ-3 ведущих аэрогеофизических компаний РФ.
- Имеет собственные разработки вертолетных разведочных систем серии «Импульс», основные технические решения которых запатентованы в России и за рубежом.
- Собственное конструкторское бюро.
- Мелкосерийное производство оборудования аэрогеофизического и наземного геофизического оборудования.
- Собственный IT-центр, разработка ПО, обработка и интерпретация данных.
- Полевые работы осуществляются с использованием последних разработок в сфере EM-electromagnetics.
- Разработана и используется технология разделения измеряемых в EM-разведке сигналов на индукционную и поляризационную моды с последующей 3D-инверсией полученных данных.



630007, г.Новосибирск, Октябрьская магистраль, 4
Ланта Бизнес-центр, офис 1207

Адрес для писем: 630099, г.Новосибирск-99, а/я
299

Тел/Факс: +7 (383) 347-47-97

E-mail: info@aerosurveys.ru

Skype: [aerosurveys](#)

Официальный сайт: www.aerosurveys.ru