

Отчёт о виртуальном кругосветном перелёте.

В рамках общекосмической подготовки мной, при посильной помощи [Ани Апальковой](#) и молчаливой поддержке моего кота Василия, был совершён виртуальный кругосветный перелёт по циркумполярному маршруту Санкт-Петербург - Сыктывкар - Салехард - Норильск - Тикси - Якутск - Магадан - Анадырь - Anchorage - Watson lake - Yellowknife - Arviat - Inukjuak - Goose bay - Nuuk - Kulusuk - Reykjavik - Glasgow - Oslo - Санкт-Петербург, приблизительной протяжённостью 21260 км (фактически больше, т.к. не везде мы шли по кратчайшему пути).

Цели и задачи.

Целью перелёта была подготовка в области радио- и астронавигации, закрепление навыков использования сложных технических систем, развитие устойчивости в стрессовых ситуациях и выработка способности продуктивно работать и мыслить в таких условиях.

Техническое обеспечение.

Для технического обеспечения перелёта использовались:

- Microsoft Flight Simulator 2004 v.9.1.0.40901
- FSUIPC v.3.74 free
- FSRealWX lite v.1.07.1522
- Python 3.8.8 и 3.9.2
- ПК AMD FX-8350, 32Gb RAM, 2xNvidia GeForce GTX770
- Джойстики Logitech Extreme 3D Pro, Logitech Wingman Formula Force GP и Gametrix ECS
- Смартфон Asus ZenPhone 5Z ZS620KL

Летательный аппарат.

В качестве виртуального ЛА, после длительного сравнения и практических тестов, была выбрана бесплатная модель Republic P-47M-1-RE Thunderbolt, выполненная Thunderbolt mania, в конфигурации с двигателем Pratt & Whitney R-2800-57 Double Wasp (2800 л.с., с турбосуперчарджером и автоматическим управлением смесью), четырёхлопастным пропеллером постоянной скорости Curtiss Electric, без вооружения и с дополнительными подвесными баками 2x150 галлонов.

ЛА был оборудован виртуальными приборами современного образца, в т.ч.:

- Стандартным автопилотом MSFS для самолётов АОН (имитация какого-то автопилота от Bendix King?)
- Радиооборудованием от Collins Aerospace
- HSI от Beechcraft King Air
- INS Delco Carousel IV-a
- Стандартным GPS MSFS (Garmin G500)
- GPS-приёмником CFSGPS
- Самодельными виртуальными приборами для определения координат по GPS, физических параметров атмосферы и измерения высот и азимутов светил, разработанными мной.

Особые правила.

Для достижения целей подготовки было решено не использовать GPS, поэтому все три приёмника GPS находились на борту как резервные системы, на случай если мы потеряем ориентировку.

В процессе перелёта было решено не использовать возможности save/load. Сохранение в полёте производилось только с целью обезопасить виртуальную экспедицию от внешних, не зависящих от нашего мастерства сбоев (например, от внезапного отключения электричества, "вылета" MSFS и т.п.). Завершать сессии работы симулятора допускалось только после завершения этапов экспедиции (на аэродромах, после посадки).

В случае допущенной нами критической ошибки, например, серьёзного (такого которое в реальности не могло бы быть устранено силами состава экспедиции) повреждения самолёта вследствие вынужденной посадки или падения, экспедицию решено было считать проваленной.

Результаты экспедиции.

Экспедиция была успешно завершена.

В процессе перелёта я изучил:

1. методы астрономической навигации (в частности, геометрическую и аналитическую имплементацию метода перехватов, а так же, для общего образования, метод лунных дистанций)
2. основы прикладной астрономии (системы астрономических координат, и связанные с ними понятия)
3. основы прикладной астрометрии (в частности, методику использования и коррекций секстанта и методы измерения высот и азимутов светил)
4. основы сферической геометрии и тригонометрии, (в частности, методы построения ортодромии и вычисления расстояний между точками на сфере)
5. основы физической географии и геодинамики (в частности, методы вычисления поправок для магнитного компаса, на основе положения светил или моделей магнитного поля Земли)
6. основы авиационной метеорологии (в частности, особенности высотных струйных течений в атмосфере Земли, особенности строения атмосферы, особенности рефракции в ней)
7. особенности геомагнитных эффектов
8. основы работы авиационного штурмана (в частности, вычисление курса для следования по ортодромии с учётом магнитной поправки и ветрового сноса)
9. особенности работы авиационных навигационных приборов в длительных перелётах
10. методы проектирования и реализации систем инерциальной навигации (на примерах, виртуальных приборах и документации реальных Delco Carousel IV-a и Litton LTN-76)
11. продвинутые способы радионавигации (в частности, закрепил свои знания базовых методов авиационной радионавигации, с использованием VOR/DME и NDB а так же придумал способ определения своего положения по азимутам на радиомаяки)

На основе изученных данных я создал набор модулей для Python, позволяющий:

1. определять своё местоположение по времени и положению небесных тел
2. вычислять его по направлениям на известные радиомаяки
3. определять направление на истинный север по небесным светилам

4. определять магнитное склонение и поправку для магнитного компаса для выбранного места на поверхности земли по положению небесных светил или исходя из моделей магнитного поля Земли
5. строить ортодромию между точками на поверхности сферы
6. осуществлять простую навигацию по построенной ортодромии, с учётом ветрового сноса и магнитного склонения

В процессе разработки модулей на Python я расширил и углубил свои знания этого языка, изучил пакет Astropy, научившись использовать вычисляемые им астрономические параметры, и научившись применять в Python различные удобные паттерны и методы, соответствующие его средствам.

Также, помимо этого, я изучил:

- методы разработки адд-онов и приборов (XML Gauges) для MSFS2004 и других авиасимуляторов от Micro\$oft
- особенности имплементации моделей Земли в прикладном ПО (на примере имплементации модели Земли в MSFS2004)

Используя указанные выше методы и средства, я научился:

1. Определять местоположение по звёздам
 - a. в реальности, используя приложение CamSextant для Android - с точностью до 200 метров.
 - b. в MSFS2004, используя специальный скрипт на Python или самодельный виртуальный прибор для определения азимутов и высот светил - с точностью 5-25 nmi (симулятор довольно сильно искажает изображение неба, так что даже в идеальных условиях большей точности добиться не удалось)
2. Определять поправки для магнитного компаса с точностью до 1 градуса.
3. Вычислять кратчайший маршрут между двумя точками на поверхности сферы.
4. Вести ЛА по маршруту без наземных ориентиров, на дистанции в 1000 км выводя его в круг радиусом 50 км от заданной точки.

[Аня Апалькова](#) в процессе перелёта совершенствовала навыки визуального пилотирования самолёта и полётов по приборам в простых и сложных метеорологических условиях, изучала основы радионавигации, вместе со мной изучала прикладную астрономию, основы ориентирования на местности и основы картографии. Больше подробностей она расскажет сама (если захочет).

Кот Василий в процессе полёта совершенствовал навыки спанья в различных положениях, выполняя важные функции... Эм-м-м... Ну... Балансирного груза.

Перелёт выполнялся вечерами, в свободное от работы время, в период с 17.02.2021 г. по 28.03.2021 г.