

УДК 351.814.4

Doi: 10.31772/2712-8970-2022-23-4-634-640

Для цитирования: Исследование возможности повышения эффективности обновления аэронавигационных данных системы управления полетом самолета AIRBUS A310 / Р. А. Акзигитов, Д. В. Дмитриев, Е. В. Кузнецов, А. С. Тимохович // Сибирский аэрокосмический журнал. 2022. Т. 23, № 4. С. 634–640. Doi: 10.31772/2712-8970-2022-23-4-634-640.

For citation: Akzigitov R. A., Dmitriev D. V., Kuznetsov E. V., Timohovich A. S. [Study of the possibility of improving the efficiency of updating aeronautical data flight control system AIRBUS A310]. *Siberian Aerospace Journal*. 2022, Vol. 23, No. 4, P. 634–640. Doi: 10.31772/2712-8970-2022-23-4-634-640.

Исследование возможности повышения эффективности обновления аэронавигационных данных системы управления полетом самолета AIRBUS A310

Р. А. Акзигитов^{1*}, Д. В. Дмитриев², Е. В. Кузнецов¹, А. С. Тимохович¹

¹Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский Рабочий», 31
Бэйханский университет
Китай, 100191, г. Пекин, ул. Сюэюан, 37
*E-mail: akzigitov-r@mail.ru

По причине постоянного ужесточения требований к безопасности полетов в стране и за рубежом связи с постоянным ростом объемов авиане перевозок предъявляется все больше требований к достоверности, безотказности работы аэронавигационных систем и методов обновления их аэронавигационных баз данных, а также возникает вопрос актуальности используемых баз данных в соответствии с циклом AIRAC, так как в случае использования не обновленной аэронавигационной информации в системах FMS, BCC, CHC, СРПБЗ увеличивается риск возникновения внештатных ситуаций или катастроф. В статье предлагается рассмотреть вопросы улучшению систем самолетовождения и обновления баз данных с использованием вычислительных систем типа FMS. На российских воздушных судах используются BCC-95-1B, бортовые системы раннего предупреждения близости земли (СППЗ) и бортовые системы спутниковой навигации, работающие с орбитальной спутниковой группировкой (GPS, Глонасс). Все они снабжены аэронавигационными базами данных, которые в соответствии с циклом AIRAC, обновляются на земле инженерно-техническим персоналом раз в 28 дней. Периодичность обновления производится в зависимости от поступления изменений навигационных данных для работы этих систем. Рассмотрены вопросы анализа эксплуатационных характеристик, методов передачи данных в бортовые системы воздушных судов, разработки системы передачи аэронавигационных данных, разработки системы управления дистанционной передачи, а также разработка алгоритмов передачи данных, теоретическое и экспериментальное обоснование выбора модели системы передачи. Использование рассмотренного комплекса ведет к качественно новому уровню оперативности, достоверности обновления аэронавигационных баз данных в системах FMS, CHC, СРПБЗ, BCC, что повлияет на повышение безопасности полетов, а также регулярность выполнения рейсов за отсутствием простоев воздушных судов по критерию оперативного обновления баз данных по циклу AIRAC.

Ключевые слова: базы данных, навигация, спутниковая связь, анализ эксплуатационных характеристик, анализ методов передачи данных.

Study of the possibility of improving the efficiency of updating aeronautical data flight control system AIRBUS A310

R. A. Akzigitov^{1*}, D. V. Dmitriev², E. V. Kuznetsov¹, A. S. Timohovich¹

¹Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii Rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

²Beihang University
37, Xueyuan St., Beijing, 100191, China

*E-mail: akzigitov-r@mail.ru

Due to the constant tightening of flight safety requirements in the country and abroad, due to the constant growth in air traffic, more and more requirements are placed on the reliability, non-failure operation of air navigation systems and methods for updating their air navigation databases. Also, the question arises of the relevance of the databases used in accordance with the AIRAC cycle, since in the case of using non-updated aeronautical information in the FMS, VSS, SNA, SRPBR systems, the risk of emergency situations or disasters increases. In the article, the author proposes to consider the issues of improving aircraft navigation systems and updating databases using computing systems such as FMS? Russian aircraft use VSS-95-1V, onboard ground proximity early warning systems (EPWS) and onboard satellite navigation systems operating with an orbital satellite constellation (GPS, Glonass). All of them are equipped with aeronautical databases, which, in accordance with the AIRAC cycle, are updated on the ground by engineering and technical personnel every 28 days, the frequency of updates is made depending on the receipt of changes in navigation data for the operation of these systems. The issues of analysis of operational characteristics, analysis of methods for transmitting data to onboard aircraft systems, development of aeronautical data transmission system, development of a remote transmission control system, Development of data transmission algorithms, theoretical and experimental justification for choosing a transmission system model are considered. The use of the considered complex leads to a qualitatively new level of efficiency, reliability of updating aeronautical databases in the FMS, SNS, SRPBZ, VSS systems, which will undoubtedly affect the increase in flight safety, as well as the regularity of flights, in the absence of aircraft downtime according to the criterion of operational database updating AIRAC cycle data.

Keywords: databases, navigation, satellite communications, performance analysis, analysis of data transmission methods.

Введение

На данный момент аэронавигационные базы данных площадного типа в системах FMS обновляются на земле при обжатых стойках шасси и имеют ряд недостатков, таких как простой воздушного судна в случае отсутствия специалиста и нахождения воздушного судна вне базового аэропорта дислокации, отсутствия загрузчиков баз данных. Все это влияет на регулярность полетов, следовательно, и экономическую составляющую по критерию своевременного выполнения рейсов [1].

Чтобы решить данную проблему, необходимо проанализировать и найти новые технические и технологические пути решения с целью своевременного, достоверного, безотказного обновления аэронавигационных баз данных в рассматриваемой системе FMS [2]. Для этого необходимо провести:

- 1) анализ эксплуатационных характеристик и недостатков систем, работающих с базами данных рассматриваемых навигационных систем;
- 2) анализ методов передачи данных в бортовые системы воздушных судов, в данном случае AIRBUS-310, и возможностей улучшения процесса обновления баз данных FMS;
- 3) разработку системы передачи аэронавигационных данных с наземной аппаратуры в бортовую аппаратуру AIRBUS-310 с обратной связью;

4) разработку системы управления дистанционной передачей аэронавигационных данных с инженерного пункта обновления с земли на бортовой загрузчик AIRBUS-310 с последующей загрузкой данных в систему FMS и возможностью запроса с борта AIRBUS-310 в пункт обновления на загрузку данных [2];

5) разработку алгоритмов передачи данных, а также управления передачей данных с последующей их загрузкой в бортовую систему FMS AIRBUS-310;

6) теоретическое и экспериментальное обоснование выбора модели системы передачи данных, а также выбора спутникового канала передачи данных.

Предложения по решению задачи

Для решения задач оперативного планирования движения воздушного судна, а также получения новой информации об изменениях в аэронавигационных данных или полете в момент смены аэронавигационного информационного регулирования и управления, каждые 28 дней ровно в 0:00 часов по UTC необходимо получать обновленную информацию навигационных данных. Помимо практической необходимости оперативного снабжения бортовых систем самолета обновляемой информацией, существует возможность возникновения сбоев или ошибок в базе данных DATA X [3; 4]. Оперативное обновление навигационной информации является необходимым параметром поддержания приемлемого уровня безопасности полетов.

С целью повышения производительности бортовых информационных систем, работающих с базами данных, разработана система передачи данных, позволяющая производить оперативное информационное обеспечение бортовых систем.

Рассмотрим основные компоненты системы, включающие наземный сегмент (рис. 1) и бортовой сегмент (рис. 2).

Для обновления аэронавигационной базы данных на воздушных судах, в данном случае мы рассматриваем AIRBUS-310, используется ноутбук, имеющий последовательный com-вход стандарта RS-232, который передает в систему FMA аэронавигационные данные в авиационном формате. Ноутбук на борту воздушного судна в процессе обновления базы данных на земле системы FMS является основным рабочим устройством, обеспечивающий контроль системы в целом [5; 6].

Под спутниковым терминалом в данном случае мы будем понимать передающее устройство для систем спутниковой связи, обеспечивающее ноутбук радиосвязью на земле с бортовым оборудованием.

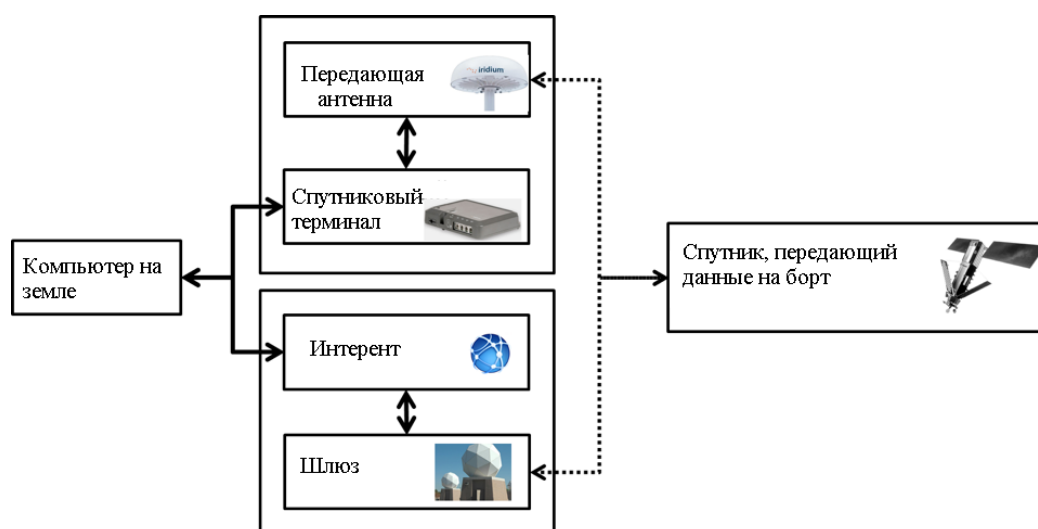


Рис. 1. Наземный сегмент

Fig. 1. Ground segment

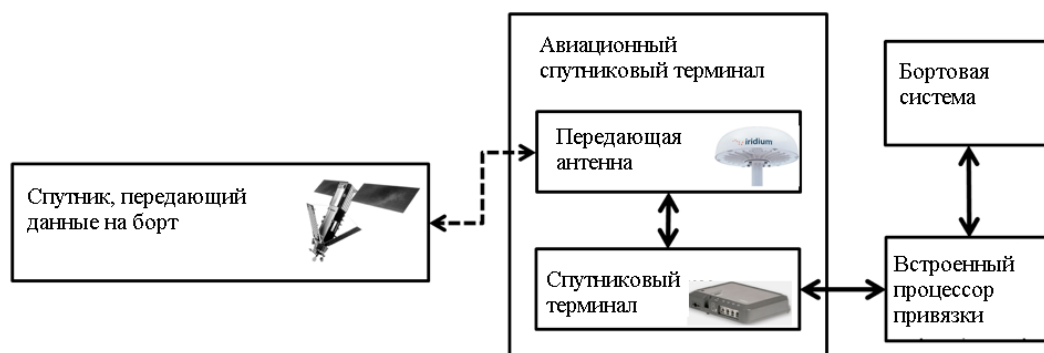


Рис. 2. Бортовой сегмент

Fig. 2. Onboard segment

Линия передачи данных в системе подразумевает спутниковую связь, работающую через межсетевой интерфейс для создания информационного узла спутниковой системы связи или через передающую антенну. Полагается, что будет актуально три типа обновления в систему базы данных FMS: периодические, предполетные и оперативные.

Типы обновляемых баз данных

Первый тип обновления бортовой базы данных – периодическое обновление – представляет собой загрузку базы данных через определенные промежутки времени по мере необходимости международной организацией гражданской авиации. Для навигационной базы данных частота, необходимая для ее перезагрузки в бортовую систему, составляет один раз в цикл AIRAC (28 дней). Для баз данных могут устанавливаться свое собственное время обновления, но не реже одного раза в шесть месяцев. В этом случае вся база данных в бортовом комплексе заменяется обновленной базой [7].

Второй тип обновления – предполетное обновление – предусматривает загрузку данных непосредственно перед полетом и только полетных данных, необходимых для этого полета.

Третий тип обновления навигационной информации – в любой момент времени и в любом месте (в случае внештатных ситуаций, например, при переустановке системы FMS или потере базы данных).

В отличие от первого и третьего типа обновления, который предварительно предусматривает полную замену базы данных в соответствии с требованиями ИКАО строго в определенный период, второй тип предназначен для быстрой загрузки данных, актуальных на данный момент, например, основной маршрут полета (полетный план), другой маршрут, регион полета, другая навигационная информация, необходимая в данный момент [8].

Авиационный спутниковый терминал представляет собой спутниковый радиомодем, который устанавливается на борту воздушного судна.

Способы обновления базы данных

Бортовой процессор связи представляет собой специальный блочный компьютер, выдерживающий перегрузки для успешной работы на борту самолета.

Эта система обновления базы данных может использоваться двумя способами.

Первый режим заключается в отправке обновленных навигационных данных в бортовую систему воздушного судна по запросу наземной аэронавигационной службы обеспечения полетов при поступлении новых данных [9].

На главном компьютере оператор выполняет чтение файла базы данных непосредственно с сайта разработчика базы данных. С помощью специальных приложений база данных отбирается на региональном уровне, после чего перечисленный файл преобразуется в формат бортовой системы. После этого он устанавливает связь с бортовым процессором, который работает

в режиме ожидания связи с использованием наземных и авиационных абонентских терминалов. Бортовой процессор связи переключается в командный режим наземного компьютера. По команде главного компьютера выполняется закодированная отправка базы данных с контрольными суммами непосредственно в процессор связи. Процессор связывания отправляет обратно контрольные суммы для оценки точности. Если все в норме, то программа загрузки базы данных включена в бортовую систему FMS. В случае возникновения ошибки, система передает информацию на наземный сегмент и процесс передачи данных происходит повторно в автоматическом режиме. В то же время после трех неудачных попыток сообщение об ошибке канала связи отправляется на наземный компьютер и соединение прерывается.

Второй режим – это отправка базы данных на борт воздушного судна по требованию экипажа с борта, если система базы данных потеряна или перестраивается после ремонтных работ и работает только в автоматическом режиме.

В этом режиме главный компьютер работает в режиме ожидания, а бортовой процессор привязки переходит в режим запроса экипажем воздушного судна. В дальнейшем процесс передачи и загрузки аналогичен предыдущему.

Для решения задачи обеспечения передачи обновлений предлагается использовать системы спутниковой связи. На данный момент актуальны четыре наиболее подходящих системы: Гонец, Globalstar, Inmarsat, Iridium [10; 11].

С учетом известных систем, передающих цифровые данные, были смоделированы следующие скорости передачи данных, которые выражены в битах / с для различных радиостанций:

- 600 бит / с для радиостанций DKMV-диапазона;
- 2 400–31 000 бит / с (режим VDL-2) для радиостанций диапазона MW;
- 9600 бит / с для спутниковой системы «Глобалстар»;
- 10,200–64,000 (Swift 64), 432,000 бит / с для CCC Inmarsat;
- 128000–512000 бит / с CCC Iridium NEXT.

Поскольку в настоящее время спутниковая система Iridium обладает наибольшим потенциалом, дальнейшая работа позволит рассчитать среднее время передачи. Предлагается использовать следующую модификацию, так как она адаптирована для использования в авиационной сфере [12;13].

Расчет среднего времени передачи 340 байт с использованием CCC Iridium NEXT:

$M = 340$ байт = 2,72 Кбит / с (максимальный объем передаваемых данных);

$V = 128$ –512 Кбит / с (средняя скорость передачи данных через соединение SBD);

$N = 1,5$ с (среднее время установления соединения для исходящего вызова).

$$T = \frac{N + M}{V} \text{ – общее время передачи пакетов данных,} \quad (1)$$

$$T = \frac{1.5 + 2.72}{150t} = 151 \text{ s.} \quad (2)$$

Надежность передачи данных

При передаче радиотелефонной информации в сети Iridium вероятность ошибки на бит не превышает 0,001, при передаче цифровой информации – 0,000001 [14–15].

Следовательно, вероятность потери одного бита информации при передаче одного пакета данных размером 340 байт = 2,72 Кбит / с будет выглядеть следующим образом:

$$P_1 = 2,72 \times 103 \times 10^{-6} = 0,00272. \quad (3)$$

В случае неудачной попытки передачи данных устройство повторяет попытки передачи данных до трех раз, и в этом случае вероятность ошибки в течение одного рабочего сеанса уменьшается.

Система Iridium обладает высокой скоростью передачи данных и низкой вероятностью ошибок [16].

Заключение

Можно сделать вывод, что, проанализировав действующие спутниковые системы связи, а также бортовые системы передачи данных, был предложен вариант обновления аэронавигационных баз данных, передающей всю необходимую информацию в непрерывном режиме и полном объеме, который требует экспериментальной проверки.

Библиографические ссылки

1. Arnoult, Sandra. Technology Achievement Award: Garmin International // Air Transport World. USA, 2005. P. 40.
2. Игошин А. М. Оперативное обновление аэронавигационных баз данных на воздушных судах // Вестник СибГАУ. 2007. № 2 (15). С. 49–51.
3. Коржов В. В. Многоуровневые системы клиент-сервер // Сети (Network World). 1997. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.osp.ru/nets/1997/06/142618>.
4. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М. : Мир, 1978. 424 с.
5. Аболищ А. И. Персональная спутниковая связь // ItWeek. 1997. № 18 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itweek.ru/infrastructure/article/detail.php?ID=41652>.
6. Андрианов В. И., Соколов А. В. Средства мобильной связи. СПб. : BHV-СПб., 1998. 256 с.
7. Габейдулин Р. Х., Горячев Д. И., Зубкова И. Ф. Алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированной системы планирования использования воздушного пространства в ГЦ ЕС ОрВД // Научный Вестник МГТУ ГА. 2010. № 159. С. 121–127.
8. Фирер П. О., Шинкевич С. М., Акзигитов А. Р. Анализ и повышение эффективности спутниковых навигационных систем и вычислительных систем самолетовождения посредством своевременного обновления аэронавигационных баз данных // Решетневские чтения. 2014. Т. 3.
9. Гольдштейн В. С. Конвергенция мобильных и интеллектуальных сетей // Вестник связи. 2000. № 4. С. 15–24.
10. Калашников А. Спутниковая система персональной связи «Глобалстар» // Радио. 1997. № 2. С. 68–69.
11. Невдяев Л. М. CDMA: IS-95 // Сети. 2000, № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.osp.ru/nets/2000/03/141014>.
12. Ворсано Д. Кодирование речи в цифровой телефонии // Сети и системы связи. 1996. № 1. С. 84–87.
13. Компоненты для объектных поверхностей / А. С. Сергеев, А. А. Хорошилов, А. В. Дементьев, А. С. Шутов // Открытые системы. 2001. № 1. С. 62–68.
14. Тамаркин В. М., Невдяев Л. М., Сергеев С. И. Низкоорбитальные системы спутниковой связи. М. : Информсвязь, 1995. 96 с.
15. Ширяев А. Низкоорбитальные системы связи глазами потребителя // Технологии и средства связи. 1997. № 1.
16. Повышение эффективности передачи данных в высоких широтах / Р. М. Мусин, А. Р. Акзигитов, А. С. Андронов, В. В. Перемышленников // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017. № 13.

References

1. Arnoult Sandra. Technology Achievement Award: Garmin International // Air Transport World. USA 2005. P. 40.
2. Igoshin A. M. [Operational update of air navigation databases on aircraft]. *Vestnik SibGAU*. 2007, No. 2 (15), P. 49–5 (In Russ.).
3. Korzhov V. V. [Multilevel client-server systems]. *Networks (Network World)*. 1997, No. 6. Available at: <https://www.osp.ru/nets/1997/06/142618>.

4. Rabiner L. Gould B. *Teoriya i primeneniye tsifrovoy obrabotki signalov* [Theory and application of digital signal processing]. Moscow, Mir Publ., 1978. 424 p.
5. Abolits A. I. [Personal satellite communications]. ItWeek. 1997, No. 18 Available at: <https://www.itweek.ru/infrastructure/article/detail.php?ID=41652>.
6. Andrianov V. I., Sokolov A. V. *Sredstva mobil'noy svyazi* [Means of mobile communication]. St. Petersburg, BHV-St. Petersburg Publ., 1998, 256 p.
7. Gabeidulin R. Kh., Goryachev D. I., Zubkova I. F. [Algorithmic and software support for an automated system for planning the use of airspace in the GC EU ATM]. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA*. 2010, No. 159, P. 121–127 (In Russ.).
8. Firer P. O., Shinkevich S. M., Akzigitov A. R. [Analysis and improvement of the efficiency of satellite navigation systems and computer systems for aircraft navigation through timely updating of aeronautical databases]. *Reshetnev Readings*. 2014, Vol. 3 (In Russ.).
9. Goldstein B. C. [Convergence of mobile and intelligent networks]. *Vestnik svyazi*. 2000, No. 4, P. 15–24 (In Russ.).
10. Kalashnikov A. [Satellite personal communication system Globalstar]. *Radio*. 1997, No. 2, P. 68–69 (In Russ.).
11. Nevdyayev L. CDMA: IS-95. *Seti*. 2000, No. 3 (In Russ.).
12. Vorsano D. [Speech coding in digital telephony]. *Seti i sistemy svyazi*. 1996, No. 1, P. 84–87 (In Russ.).
13. Sergeev A. S., Khoroshilov A. A., Dementiev A. V., Shutov A. S. [Components for object surfaces]. *Open systems*. 2001, No. 1, P. 62–68 (In Russ.).
14. Tamarkin V. M., Nevdyayev L. M., Sergeev S. I. *Nizkoorbital'nye sistemy sputnikovoy svyazi* [Low orbit satellite communication systems]. Moscow, Informsvyaz Publ., 1995, 96 p.
15. Shiryayev A. [Low-orbit communication systems through the eyes of the consumer]. *Tekhnologii i sredstva svyazi*. 1997, No. 1 (In Russ.).
16. Musin R. M., Akzigitov A. R., Andronov A. S., Peremyshlennikov V. V. [Improving the efficiency of data transmission in high latitudes]. *Actual problems of aviation and astronautics*. 2017, No. 13 (In Russ.).

© Акзигитов Р. А., Дмитриев Д. В., Кузнецов Е. В., Тимохович А. С., 2022

Акзигитов Рево Авхадиевич – старший преподаватель; Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева. E-mail: akzigitov-r@mail.ru.

Дмитриев Данил Владимирович – магистрант; Бэйханский университет. E-mail: gerundiy48@gmail.com.

Кузнецов Евгений Валерьевич – кандидат технических наук, доцент, директор института; Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева. E-mail: kuznetsoff@sibsau.ru

Тимохович Александр Степанович – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой ПНК; Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева. E-mail: timohovichas@sibsau.ru.

Akzigitov Revo Avkhadievich – Senior Lecturer; Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. E-mail: akzigitov-r@mail.ru.

Dmitriev Danil Vladimirovich – undergraduate; Beihang University. E-mail: gerundiy48@gmail.com.

Kuznetsov Evgeniy Valerievich – Cand. Sc., Institute Director; Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. E-mail: kuznetsoff@sibsau.ru.

Timohovich Alexander Stepanovich – Cand. Sc., Head of the Department of PNK; Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. E-mail: timohovichas@sibsau.ru.
