

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНЫХ ЗАХОДОВ НА ПОСАДКУ МЕТОДАМИ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

В.В.Загоруйко, В.В.Конин¹⁾

¹⁾Научно исследовательский институт новых физических и прикладных проблем

Рассмотрены этапы превращения средств спутниковой навигации в единственное средство навигации воздушных судов. Показано, что аэродромные (локальные) контрольно-корректирующие станции обеспечивают решение задачи точных заходов на посадку посредством спутниковой навигации. Проанализировано состояние развития и определены перспективные схемно-конструктивные решения аэродромных контрольно-корректирующих станций. Сформулированы предложения по разработке конкурентноспособных контрольно-корректирующих станций.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальные спутниковые навигационные системы существенным образом влияют на пути решения задач координатно-временного обеспечения во всех сферах жизни, включая авионавигацию. В настоящее время бортовые навигационные средства на основе спутниковой навигации получили статус дополнительного средства навигации при полетах по маршруту, в зоне аэродрома и неточном заходе на посадку, а также основного средства навигации при полетах над океаном [1,2]. Согласно стратегии ИКАО одним из основных элементов будущей системы связи, навигации, наблюдения/организации воздушного движения (CNS/ATM) является Глобальная навигационная спутниковая система (GNSS), полномасштабное развитие которой должно обеспечить эволюционный переход к спутниковой навигации как к единственному виду авионавигационного обеспечения [3].

Разработка и практическая реализация спутниковых функциональных дополнений, а именно, WAAS, EGNOS и наземных функциональных дополнений на основе локальных контрольно-корректирующих станций позволили Федеральному авиационному управлению (FAA) США и Европейской конференции гражданской авиации (ECAC), членом которой в настоящее время является и Украина, конкретизировать стратегию ИКАО в области авионавигации. Согласно долгосрочным планам ECAC [4,5] предполагается исключить из состава авионавигационных средств NDB до 2005 г., а до 2010 г. исключить VOR, обеспечивая в

дальнейшем полеты по маршруту, в зоне аэродрома и при точных заходах на посадку средствами DME при непрерывно возрастающей роли средств спутниковой навигации. Более сжатые сроки перехода к спутниковой навигации как к единственному средству аэронавигации (с учетом развертывания системы LAAS), планируются FAA.

Ввод в эксплуатацию спутниковых функциональных дополнений WAAS, EGNOS практически решают задачу эволюционного перехода к спутниковой навигации как к единственному виду аэронавигационного обеспечения при полетах по маршруту, в зоне аэродрома и при неточных заходах на посадку к 2015 г. Намного более сложной является проблема обеспечения средствами спутниковой навигации точных заходов на посадку.

FAA планирует обеспечить точные заходы на посадку всех категорий метеоминимума при вводе в полномасштабную эксплуатацию системы LAAS, представляющую собой множество локальных контрольно-корректирующих станций, транслирующих воздушным судам корректирующую информацию в зоне своей ответственности, так как WAAS в лучшем случае сможет обеспечивать точные заходы на посадку по первой категории метеоминимума. ECAC планирует до 2015 г. сохранять средства MLS и ILS, заменяя их, в первую очередь ILS для обеспечения точных заходов на посадку первой категории, аэродромными контрольно-корректирующими станциями с темпами, определяемыми темпами совершенствования последних.

СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ И ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ АЭРОДРОМНЫХ КОНТРОЛЬНО-КОРРЕКТИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ.

Основные задачи аэродромных контрольно-корректирующих станций заключаются в выработке и трансляции воздушным судам информации о целостности и дифференциальных поправок, учет которых бортовыми средствами навигации обеспечивает требуемое значение точности определения местоположения воздушного судна в каждый момент времени. Как свидетельствуют результаты теоретических и экспериментальных исследований [6,7], учет бортовыми средствами навигации дифференциальных поправок, вырабатываемых аэродромными контрольно-корректирующими станциями, может обеспечить точность местоопределения воздушного судна, достаточную для точного захода на посадку по любой категории метеоминимума.

В настоящее время рядом фирм дальнего зарубежья выполняются исследования экспериментальных образцов аэродромных контрольно-корректирующих станций для обеспе-

чения точных заходов на посадку первой категории метеоминимума [8,9,10]. Более того, контрольно-корректирующая станция SLS –2000, совместно разработанная фирмами Honeywell (США) и Pelorus (Канада) для обеспечения точных заходов на посадку по первой категории метеоминимума, поступила в практическую эксплуатацию в ряде аэропортов США, Канады и Бразилии [9], а фирма Raytheon (США) поставляет ВВС США портативную контрольно-корректирующую станцию, обеспечивающую точные заходы на посадку и по второй категории метеоминимума [11]. Учет воздушными судами дифференциальных поправок, вырабатываемых SLS-2000, позволяет определять местоположения воздушного судна со среднеквадратичной погрешностью не более 1,4 м для плановых координат и не более 1,9 м для вертикальной координаты. Фирма Honeywell планирует к 2002 г. окончить сертификацию модернизированной SLS-2000 для обеспечения точных заходов на посадку второй и третьей категории метеоминимума.

До недавнего времени одной из проблем при разработке аэродромных контрольно-корректирующей станции заключалась в отсутствии нормативных документов за исключением норм DO-217, разработанных Радиотехнической комиссией США по авионавигации (RTCA) и не предназначенных для применения гражданской авиацией и ВВС. В настоящее время ситуация существенно изменилась, так как нормативные документы для случая точных заходов на посадку по первой категории метеоминимума разработаны EUROCAE и ИКАО [12,13] и разрабатываются ИКАО для точных заходов на посадку по второй и третьей категории метеоминимума. Следует отметить, что вышеупомянутые нормативные документы образуют сравнительно полный комплект только совместно с такими документами RTCA как DO-224, DO-245, DO-246, DO-253.

Что касается технических проблем, то они заключаются, главным образом, в поисках путей уменьшения влияния на погрешность дифференциальных поправок многолучевого приема радионавигационных сигналов спутников и собственного шума приемников GNSS.

В Украине при разработке аппаратуры спутниковой навигации, особенно аэродромных контрольно-корректирующих станций, основными проблемами, помимо практического отсутствия источников финансирования, являются следующие: 1) отсутствие отечественной нормативной базы в области авионавигации; 2) практическое отсутствие возможности ознакомиться с европейскими и международными документами и многочисленной литературой, аккумулирующей опыт разработки средств спутниковой навигации в мире в трудах конференций Института навигации США и в публикациях журнала Navigation; 3) отсутствие четкого понимания того, что единственно приемлемой, ввиду ограниченности средств, является

разработка контрольно-корректирующих станций, конкурентноспособных на мировом рынке, и это последнее возможно только при самом широком использовании электроизделий производства фирм дальнего зарубежья, даже если их аналоги (но с намного худшими характеристиками) выпускаются на Украине или в странах СНГ.

СХЕМНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ АЭРОДРОМНЫХ КОНТРОЛЬНО – КОРРЕКТИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ

Техника аэродромных контрольно-корректирующих станций развивается менее 10 лет и, следовательно, отсутствуют устоявшиеся и проверенные на практике схемно-конструктивные решения. Более того, в условиях жесткой конкурентной борьбы за будущий рынок, схемно-конструктивные решения, разрабатываемых фирмами дальнего зарубежья аэродромных контрольно-корректирующих станций, являются ноу-хау этих фирм и не публикуются. Тем не менее в результате анализа доступной информации и теоретического анализа могут быть сформулированы общие принципы перспективных схемно-конструктивных решений аэродромных контрольно-корректирующих станций.

В связи с тем, что, в отличие от контрольно-корректирующих станций для обеспечения мореплавания, в случае аэродромных контрольно-корректирующих станций требуется более высокий (более одного порядка) темп обновления и трансляции корректирующей информации, требуется трансляция параметров глиссады, существенно меньшей должна быть погрешность дифференциальных поправок, во много раз меньшим должно быть значение вероятности ошибки на бит транслируемой корректирующей информации и намного более высокой должна быть вероятность безотказной работы, неприемлемым является схемно-конструктивное решение, которое обычно применяется для контрольно-корректирующих станций обеспечения мореплавания.

Для аэродромных контрольно-корректирующих станций перспективным является использование большого количества приемников GNSS с индивидуальными антеннами [14], что позволяет уменьшить погрешность дифференциальных поправок путем статистической обработки и одновременно улучшить показатели надежности. При этом целесообразно использовать в качестве выходных сигналов приемников GNSS не дифференциальные поправки, а "сырую" информацию, то есть эфемериды, время измерения, измеряемые псевдодальности и осуществлять обработку "сырой" информации посредством создания вычислительного устройства, конструктивно отдельного от приемников GNSS и выполненного на основе современных процессорных модулей. В результате источником корректирующей информа-

ции в виде сообщений того или иного стандарта становится вычислительное устройство, вычислительная мощность которого может быть увеличена до необходимых значений в отличие от вычислительной мощности приемников GNSS.

Следует подчеркнуть, что статистическая обработка "сырой" информации от ряда приемников GNSS способна уменьшить погрешность дифпоправок по сравнению с погрешностью дифпоправок одиночного приемника GNSS. Но результирующая погрешность дифпоправок определяется существенно характеристиками приемника GNSS. К сожалению характеристики приемников GNSS, производимых в Украине и России, намного хуже характеристик приемников GNSS производства фирм США, которые вместе с фирмами Канады и Японии контролируют 95% рынка. Следовательно, конкурентноспособные аэродромные контрольно-корректирующие станции могут быть разработаны на основе приемников GNSS производства фирм США. Об этом свидетельствует опыт разработки системы навигации и посадки в ФРГ, которая основывается на приемнике GG24 фирмы Magellan (США) [10].

Целесообразным является реализация аппаратуры радиоканала трансляции корректирующей информации в виде конструктивно отдельного устройства, которое подключается к выходному последовательному порту (портам) вычислительного устройства посредством кабеля. Радиоканал передачи корректирующей информации, согласно требованиям Стандартов и рекомендованной практики ИКАО по GNSS, должен представлять собой радиолинию передачи данных в диапазоне 108-118 МГц и осуществлять передачу данных в режиме с разделением времени со скоростью 11500 бит/с с использованием восьмиуровневой дифференциальной фазовой манипуляции. Однако, радиосредства с требуемыми характеристиками в Украине и в странах СНГ не разрабатываются. Поскольку радиоканал передачи дифференциальных поправок является неотъемлемой частью контрольно-корректирующих станций, то аэродромные контрольно-корректирующие станции в настоящее время целесообразно разрабатывать с использованием аппаратуры цифровой радиосвязи производства фирм дальнего зарубежья.

В случае реализации предлагаемого схемно-конструктивного решения роль собственно контрольно-корректирующей станции будет выполнять вычислительное устройство (плюс программное обеспечение), а приемники GNSS и аппаратура радиоканала передачи дифференциальных поправок будут играть роли датчиков и потребителей информации и при необходимости будут заменяться более качественными образцами, что обеспечивает возможность непрерывного совершенствования характеристик аэродромной контрольно-корректирующей станции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Аэродромные контрольно-корректирующие станции обеспечивающие точные заходы на посадку, начали входить в практику аэронавигации и к 2015г. должны заменить MLS и ILS, создавая дополнительный рынок средств спутниковой навигации. Очевидно, что аэродромные контрольно-корректирующие станции представляют собой высокотехнологичные изделия и в настоящее время конкурентно способные на мировом рынке аэродромные контрольно-корректирующие станции в сжатые сроки могут быть разработаны только на основе электрорадиоизделий производства фирм дальнего зарубежья. При этом фактор времени является решающим и когда мировой рынок будет разделен, то разработка и производство аэродромных контрольно-корректирующих станций в Украине потеряет смысл, вследствие узости национального рынка. Что касается разработки и производства не конкурентно-способных (тем более, не удовлетворяющих требованиям международных нормативных документов), аэродромных контрольно-корректирующих станций на базе отечественных или производимых в СНГ электрорадиоизделий, то это будет напрасная затрата средств, так как они не будут использоваться в Украине ввиду жестких требований к радионавигационной аппаратуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Loh R., Nii A.S. Wide Area Augmentation system (WAAS). Design for Growth in Both National and International Environments// Proc/ of DSNS'96, St-Petersburg, Russia, May 20-24, 1996.
2. ED-72-A: Minimum Operation Performance Specification for Airborne GPS Receiving Equipment used for Supplemental Means of Navigation, EUROCAE, April 1997.
3. Шудимар Дас Шагас. Взгляд ИКАО на перспективы авиационной радионавигации// Труды 2-й Международной конференции "Планирование глобальной радионавигации", 24-26 июня 1997 г.- Москва, 1997гс. 58-67.
4. Navigation Strategy for ECAC // NP /56 of the Third meeting of GNSSP ICAO, Montreal, 12-23 April, 1999.
5. Air Traffic Management Strategy for the Years 2000+, Brussels, Eurocontrol, January 2000.
6. Heine D.D., et all. The Boeing Industry GPS Landing System Flight Test Experiments // Proc. of National Technical Meeting of ION, Santa Monica, CA, January 1996.
7. Idiens R. GBAS SARPS Validation // Working Papers of the Third Meeting of GNSSP ICAO, Montreal, 12-23 april 1999.

8. Dupouy C. French LA DGPS Experiment on Precision Approaches and Landings // Proc. of DSNS`96, St.Peterburg, Russia, May 20-24, 1996.
9. Ramsey J.W. Satellite- Based Approach and Landing Comes into Play // Avionics Magazine. - February 1999, P. 28-33.
10. Windl J., et. all. Flight and trials with combined DGPS/DGLONASS/ INS system for high dynamic maneuvers and precision landings // Proc/ of the 2nd European Symposium on GNSS, Toulouse, France, October 23-25,1998.
11. WEB -site фірми Raytheon.
12. ED-95: Minimum Aviation System Performance Specification for a Global Navigation Satellite System Ground Based Augmentation System to support CAT 1 Operations //EUROCAE, November 1999.
13. Стандарты и Рекомендованная практика для GNSS. Поправки к тому III приложения 10.
14. Levy L.J., Pue A.J., Thompson T. GPS Risk Assessment Joe Civil Aviation// Proc/ of ION GPS`99, 14-17 September 1999, Nashville, USA.