

Обеспечение точных заходов на посадку методами спутниковой навигации в системе CNS/ATM Украины

В.В.Загоруйко, В.В.Конин, НИИ новых физических и прикладных проблем

Проведено огляд розвитку засобів супутникової навігації та нормативної документації. Детально описані проблеми реалізації точних заходів на посадку на основі засобів супутникової навігації повітряних суден. Показана перспективність використання контрольно-коригуючих станцій для забезпечення точних заходів на посадку. Розглянуто перспективні схемно-конструктивні рішення контрольно-коригуючих станцій. Сформульовано аргументований висновок про доцільність і можливість розробки конкурентноспроможних контрольно - коригуючих станцій в Україні.

Введение

Непрерывно возрастающий объем авиатранспорта в мире обусловил разработку ИКАО новой концепции глобальных систем связи, навигации, наблюдения/организации воздушного пространства и воздушного движения (CNS/ATM), конечная цель которой заключается в предоставлении эксплуатантам воздушных судов возможности выполнять полеты по желательным для них оперативно корректируемым траекториям и делать это оптимальным и рентабельным образом [1]. Одним из ключевых элементов системы CNS/ATM является глобальная навигационная спутниковая система (GNSS), которая по определению ИКАО [2] включает в себя глобальную орбитальную навигационную спутниковую систему (ГЛОНАСС) Российской Федерации и/или глобальную систему местоопределения (GPS) США, бортовые приемники GNSS и одно или несколько функциональных дополнений. Функциональные дополнения подразделяются на три основные категории: 1) бортовое функциональное дополнение (ABAS), обеспечивающее целостность путем интеграции бортовых GNSS приемников с другими навигационными средствами воздушного судна, 2) спутниковые функциональные дополнения (SBAS), основной составляющей которых являются дополнительные навигационные спутники на геостационарных орбитах, обеспечивающие также трансляцию широкозонных дифференциальных поправок и информации о целостности, 3) наземные функциональные дополнения (GBAS), обеспечивающие воздушные суда дифференциальными поправками и информацией о целостности посредством сигналов наземных контрольно-корректирующих станций.

Согласно стратегии ИКАО [1], планам Европейской конференции гражданской авиации [2,17] и Федерального авиационного управления (ФАУ) США [16,19,22], GNSS будет внедряться эволюционным путем и темп внедрения будет в основном определяться темпами совершенствования составных частей GNSS и системы в целом.

Конечная цель заключается в превращении спутниковой навигации в единственное средство аэронавигации [1,3,19,15].

В настоящее время бортовые навигационные средства на основе спутниковой навигации получили статус основного средства полетов над океанами и дополнительного средства навигации при полетах по маршруту, в зоне аэродрома и неточных заходов на посадку, включая полеты в системе зональной навигации. Предполагается, что после ввода в эксплуатацию спутниковых функциональных дополнений WAAS в США, EGNOS в Европе и MSAS в Восточной Азии они получат статус основного средства навигации при полетах по маршруту, в зоне аэродрома и при неточных заходах на посадку первой категории метеоминимума в зоне действия каждого из спутниковых функциональных дополнений [3,4,15]. Однако точные заходы на посадку при пониженных метеоминимумах первой, а тем более второй и третьей, категории, практически во всем мире в настоящее время осуществляются с помощью традиционных радионавигационных средств типа ILS или MLS. И необходимыми условиями превращения спутниковой навигации в основное, а тем более в единственное, средство аэронавигации является обеспечение точных заходов на посадку всех категорий метеоминимумов средствами спутниковой навигации. Необходимость точных заходов на посадку средствами спутниковой навигации диктуется, в первую очередь, экономическими причинами, так как системы ILS и MLS обладают низкой пропускной способностью и являются дорогостоящими средствами. В результате, даже в США из 4000 ВПП только примерно 1000 оборудованы системой ILS или MLS [22]. При этом наиболее актуальным является обеспечение точных заходов на посадку первой категории метеоминимума, так как в этом случае обеспечивается возможность существенного увеличения объема авиационных перевозок.

Варианты обеспечения точных заходов на посадку посредством спутниковой навигации.

Необходимым условием обеспечения точных заходов на посадку с помощью средств спутниковой навигации является определение местоположения воздушных судов с метровой (для первой категории метеоминимума) и субметровой (для второй и третьей категории метеоминимума) точностью. Выполненные в начале 90-х годов прошлого столетия исследования [11] показали, что требуемое уменьшение погрешности определения местоположения воздушных судов в случае использования средств спутниковой навигации возможно при использовании дифференциальных методов спутниковой навигации.

Возможны два варианта практической реализации дифференциальной спутниковой навигации: 1) формирование и трансляция воздушным судам широкозонных дифференциальных поправок, 2) формирование и трансляция воздушным судам локальных (с радиусом действия до 50 км) дифференциальных поправок.

В первом случае дифференциальные поправки представляют собой поправки к часам и эфемеридам навигационных спутников плюс ионосферные и тропосферные поправки, являющиеся усредненными для относительно большого региона, которые формируются относительно небольшим количеством наземных контрольных станций, объединенных в сеть, и транслируемых воздушным судам с помощью геостационарных спутников на частоте радионавигационного сигнала навигационных спутников (системы SBAS). При этом геостационарные спутники, выполняющие наряду с функцией трансляции широкозонных дифференциальных поправок и функцию навигационных спутников, излучая радионавигационный сигнал, существенно увеличивают доступность навигационной системы.

Хотя с самого начала предполагалось обеспечение только точных заходов на посадку первой категории метеоминимума, подкупала возможность сравнительно небольшим количеством контрольных станций и небольшим количеством геостационарных спутников не только обеспечить статус основного средства навигации для бортовых навигационных устройств, использующих сигналы навигационных спутников при полетах по маршруту, в зоне аэродрома и при неточных заходах на посадку, но и при точных заходах на посадку первой категории метеоминимума.

Эти соображения обусловили разработку и практическое развертывание систем формирования и трансляции широкозонных дифференциальных поправок, представляющих собой спутниковые функциональные дополнения, в США

(WAAS), в Европе (EGNOS), в Японии (MSAS). При этом зоны действия спутниковых функциональных дополнений WAAS, EGNOS, MSAS спланированы таким образом, чтобы совместная зона действия охватывала практически весь мир. Однако, возможность осуществления точных заходов на посадку первой категории метеоминимума гарантируется только в ограниченных регионах: в случае WAAS – это национальное воздушное пространство США, а в случае EGNOS – воздушное пространство стран, являющихся членами Европейской конференции гражданской авиации. Но, как показали испытания системы WAAS [7], широкозонные дифференциальные поправки существенно уменьшают погрешность определения местоположения воздушных судов, но обеспечивают требуемую для обеспечения точных заходов на посадку первой категории метеоминимума точность определения местоположения воздушного судна в ограниченном объеме национального воздушного пространства США (около 50 %). Для увеличения объема воздушного пространства, в котором с помощью широкозонных дифференциальных поправок будет возможен точный заход на посадку первой категории метеоминимума, требуется существенное увеличение количества наземных контрольных станций. В результате статус основного средства навигации при полетах по маршруту, в зоне аэродрома и неточных заходах на посадку бортовые GPS/WAAS приемники получают в 2007 г. после существенного расширения наземной инфраструктуры WASS. Что касается точных заходов на посадку первой категории метеоминимума, то с помощью WASS они будут доступными к 2007 г. на большей, но не всей территории США [11,19]. При этом исключена возможность обеспечения точных заходов на посадку второй и третьей категории метеоминимума. Последнее исключает возможность превращения спутниковой навигации в единственное средство аэронавигации.

Во втором случае дифференциальные поправки представляют собой поправки к псевдодальностям, измеряемым бортовыми приемниками спутниковой навигации, формируемые и транслируемые воздушным судам контрольно-корректирующими станциями, располагаемым на аэродромах или вблизи аэродромов. Следует отметить значительно меньшую стоимость контрольно-корректирующих станций по сравнению с контрольными станциями, отсутствие необходимости приема сигналов с P - кодом и способность индивидуальных контрольно-корректирующей станции формировать и транслировать локальные дифференциальные поправки без объединения их в сеть. Отличительной способностью локальных дифференциальных поправок является то обстоятельство, что при их надле-

жащем качестве возможно увеличение точности определения местоположения воздушных судов, удовлетворяющие требования точных заходов на посадку второй и третьей категории метеоминимума [11].

Потенциальные возможности локальных дифференциальных поправок обусловили разработку в США параллельно системе WAAS системы LAAS, которая представляет собой сеть из контрольно-корректирующих станций, обеспечивающих точные заходы на посадку первой, второй и третьей категории метеоминимума [8,19]. В результате, при введении в полномасштабную эксплуатацию систем WAAS и LAAS, в национальном воздушном пространстве США средства спутниковой навигации становятся единственным средством аэронавигации. Запланировано создание сети из 143 контрольно-корректирующих станций, из которых 31 - контрольно-корректирующие станции, обеспечивающие точные заходы на посадку первой категории метеоминимума, будут развернуты к 2008 г. в аэропортах, в которых точные заходы на посадку первой категории метеоминимума не обеспечиваются системой WAAS, а 112 контрольно-корректирующих станций, обеспечивающие точные заходы на посадку первой, второй и третьей категории метеоминимума, будут развернуты в главных аэропортах к 2015 г.[6]. Широкое использование контрольно-корректирующих станций вместо и взамен систем ILS, после ввода в эксплуатацию в 2003 г. системы EGNOS, планируется и Европейским сообществом [3,4].

Разработку LAAS осуществляют два консорциума, состоящие из производителей контрольно-корректирующих станций и бортового навигационного оборудования, авиакомпаний и аэропортов, и возглавляемых фирмами Honeywell и Raytheon, являющиеся мировыми лидерами в области разработки контрольно-корректирующих станций. Фирма Raytheon разработала для гражданской авиации контрольно-корректирующую станцию DIAS-3100, обеспечивающую точные заходы на посадку первой категории метеоминимума и прошедшую успешную апробацию в аэропортах Норвегии и Австралии [6,13]. Фирма Raytheon также разработала и поставляет ВВС США мобильную контрольно - корректирующую станцию JPALS, обеспечивающую точные заходы на посадку второй категории метеоминимума [12]. Контрольно - корректирующая станция SLS-2000 фирмы Honeywell прошла успешную апробацию в аэропортах Австралии и Бразилии и в 1998 году введена в эксплуатацию в двух портах США и Канады для обеспечения точных заходов на посадку специальной первой категории (SCATI) метеоминимума [6,24]. В настоящее время фирма Honeywell осуществляет летные испытания контрольно -

корректирующей станции SLS-3000 - прототипа контрольно - корректирующей станции системы LAAS и модернизирует SLS-3000 для обеспечения точных заходов на посадку второй и третьей категории метеоминимума [16]. Помимо фирм Honeywell и Raytheon, контрольно-корректирующую станцию ARR-400, обеспечивающую точные заходы на посадку первой категории метеоминимума, разработала фирма Rockwell-Collins (США). В Европе опытные образцы контрольно-корректирующих станций разрабатываются фирмами Thomson-CSF (Франция) и MAN Technologies (Германия) [20,24].

Потенциальные возможности контрольно-корректирующих станций обусловили разработку скандинавскими странами системы GRAS [9], представляющую собой сеть из контрольно-корректирующих станций, транслируемые которыми дифференциальные поправки обеспечивают возможность не только точных заходов на посадку, но и использование бортовых навигационных средств на основе спутниковой навигации в качестве основного средства и без использования сигналов системы EGNOS.

Следует подчеркнуть, что в настоящее время разработана достаточная нормативная база, в первую очередь в США, а на ее основе в Европе и ИКАО, регламентирующая требования как к системам, обеспечивающим широкозонные дифференциальные поправки, так и к контрольно-корректирующим станциям. Это, в первую очередь, Стандарты и Рекомендованная практика (GNSS SARPS) ИКАО по GNSS; стандарт ED-72 A: "Minimum Operator Performance Specifications for Airborne GPS Receiving Equipment used for Supplemental Means of Navigation", стандарт ED 95: Minimum Aviation System Performance Specification for a Global Navigation Satellite System Ground Based Augmentation System to Support CAT I Operations и стандарт ED97: "Interim Technical Performance Statement for EGNOS/WAAS Airborne Equipment", разработанные Европейской комиссией по авиационному оборудованию (EUROCAE) ; Нормы: DO-229A: "Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning System/Wide Area Augmentation System Airborne Equipment", June 1998, DO-245: "Minimum Aviation System Performance Standard for Local Area Augmentation System (LAAS)", DO-246A: "GNSS Based Precision Approach Local Augmentation System (LAAS) – Signal-in-Space Interface Control Document (ICD)", DO-253: "Minimum operational performance standards for global positioning system / local area augmentation system airborne equipment", разработанные Радиотехнической комиссией США по аэронавтике (RTCA).

Функции, структура, тенденции развития и проблемы разработки контрольно-корректирующих станций

Из предыдущего раздела следует, что по стоимости и точностным характеристикам контрольно-корректирующие станции и сети из контрольно-корректирующих станций представляют собой оптимальное техническое средство для обеспечения точных заходов на посадку. Действительно, во-первых, они являются необходимым элементом для превращения средств спутниковой навигации (GNSS) в основное, если не единственное средство, аэронавигации, во-вторых, по сравнению с системами ILS и MLS обладают неограниченной пропускной способностью и существенно дешевле в изготовлении и эксплуатации. Кроме того, контрольно-корректирующей станции обеспечивают возможность с высокой точностью осуществлять контроль движения транспортных средств и самолетов на аэродроме.

Функции контрольно-корректирующих станций, обеспечивающих точные заходы на посадку при пониженных метеоминимумах, заключаются в том, чтобы путем обработки принимаемых радиосигналов навигационных спутников ГЛОНАС и/или GPS сформировать корректирующую информацию (поправки к псевдодальностям, информация о целостности), учет которой бортовыми навигационными средствами обеспечивает уменьшение погрешности определения местоположения воздушного судна до 2 м, в случае первой категории метеоминимума и менее 1м, в случае второй и третьей категории метеоминимума, и транслировать корректирующую информацию воздушным судам. Кроме того, дополнительно формируется и транслируется воздушным судам глиссальная информация.

В принципе, первые две функции контрольно-корректирующих станций, обеспечивающих точные заходы на посадку, свойственны и широко используемым в настоящее время контрольно-корректирующим станциям, обеспечивающим мореплавание в прибрежной зоне, но это два различных класса радионавигационного оборудования. Их различия обусловлены тем, что, в случае применения контрольно-корректирующих станций для обеспечения точных заходов на посадку, требуется существенно меньше погрешность дифференциальных поправок к псевдодальностям, высокая точность определения высоты, которая вообще не оговаривается при мореплавании, практически на порядок более высокие темпы обновления корректирующей информации и ее трансляции, дополнительный обмен данными и намного более жесткие требования к достоверности передаваемой корректирующей информации, надежности и контролю целостности. В результате они существенно

отличаются не только диапазоном частот передачи корректирующей информации и другими характеристиками радиоканала передачи корректирующей информации, но и структурой, требованиями к составным частям и регламентируются различной нормативной документацией.

Существенное отличие в радиоканале передачи корректирующей информации заключается в том, что для обеспечения требуемых темпов скорости передачи корректирующей информации, трансляция последней в случае контрольно-корректирующих станций, обеспечивающих точные заходы на посадку, должна осуществляться со скоростью 31500 бит в секунду в диапазоне частот 108-118 МГц в режиме многочастотного доступа с временным разделением каналов с использованием 8-позиционной дифференциальной фазовой манипуляции (D8PSK), а также с широким использованием помехоустойчивого кодирования, включая (255, 249) 2^8 код Рида-Соломона [2]. Выбор диапазона частот 108-118 МГц, который в настоящее время предназначен для излучения средств VOR и ILS, обусловлен тем, что эти средства до 2008 г. планируется исключить из состава аэронавигационного оборудования [2,17,19] и, следовательно, диапазон частот может быть использован для трансляции корректирующей информации контрольно-корректирующими станциями, обеспечивающими точные заходы на посадку. Скорость передачи данных, тип модуляции, использование помехоустойчивого кодирования определяются требованиями к цифровой авиационной радиосвязи ОБЧ диапазона [22], все возрастающее использование которой при внедрении CNS/ATM запланировано в США и в Европейском сообществе [3,4,6].

Жесткие требования к погрешностям определения местоположения воздушных судов могут быть выполнены только в результате уменьшения влияния многолучевого приема и собственных шумов приемника GNSS, что в настоящее время может быть обеспечено только путем существенного увеличения количества используемых приемников GNSS и количества антенн GNSS, оборудованных средствами для уменьшения многолучевого приема [14]. Так в контрольно - корректирующих станциях системы LAAS, обеспечивающих точные заходы на посадку по первой категории метеоминимума должно быть не менее трех приемников GNSS, а в контрольно-корректирующих станциях, обеспечивающих точные заходы на посадку по третьей категории метеоминимума, предполагается использование до восьми приемников GNSS. В результате приемники GNSS из источников корректирующей информации, к которым подключаются радиосредства для ее трансляции, превращаются в датчики "сырой" информации (эфемерид наблюдаемых нави-

гационных спутников и измеренных псевдодальностей к последним), обработка которой осуществляется специализированным вычислительным устройством, осуществляющем выработку и форматирование в виде стандартизированных сообщений корректирующей информации. Собственно, специализированное вычислительное устройство вместе с программным обеспечением будет определять характеристики контрольно-корректирующих станций, а приемники GNSS будут выступать в качестве источников исходной информации, которая, естественно, должна быть максимально высокого качества. Возрастающая роль вычислительных средств и программного обеспечения позволяет сформулировать тезис, что основными составными частями контрольно-корректирующих станций являются аппаратурная часть и программное обеспечение. При этом последнее должно удовлетворять требованиям стандарта [23], что обязательно имеет место в случае контрольно-корректирующих станций, разрабатываемых в США [14,24]. Собственно служебную роль играют радиосредства трансляции корректирующей информации, которые должны обеспечить надежную, помехоустойчивую трансляцию сформированной корректирующей информации.

Вышеописанная структура контрольно-корректирующих станций для обеспечения точных заходов на посадку позволяет широко использовать при конструировании модульный принцип. В результате модернизация и совершенствование отдельных составных частей контрольно-корректирующей станции, а именно: антенн GNSS, блока датчиков (приемников) GNSS, специализированного вычислительного устройства может осуществляться независимо, обеспечивая в итоге совершенствование характеристик контрольно - корректирующих станций вплоть до обеспечения точных заходов на посадку третьей категории метеоминимума. Следует отметить, что модульный принцип характерный для наземной аппаратуры спутниковых функциональных дополнений WAAS и EGNOS, а также для разрабатываемых фирмами дальнего зарубежья контрольно - корректирующих станций. Более того, в технических заданиях на разработку систем WAAS и LAAS специально оговаривалось, что они должны разрабатываться на основе составных частей, имеющихся на рынке, т.е. разрабатываться должны контрольно-корректирующие станции, а не их составные части.

Заключение

Разработка и внедрение технологий CNS/ATM обусловлена непрерывным увеличением объема авиаперевозок в мире и необходимости обеспечить как рост авиаперевозок, так и повышение их безопасности. Особенно это касается США, авиационный парк которых в настоящее

время включает в себя около 280000 самолетов различного назначения, полеты которых внутри США обеспечивают свыше 4000 аэродромов. Однако внедрение технологий CNS/ATM требует огромных затрат, что обусловило эволюционный характер их внедрения путем постепенного вывода традиционных средств при предварительном вводе в эксплуатацию новых средств. Тем не менее, вне сомнения, что в течение последующих 10-15 лет осуществится переход аэронавигации в мире на спутниковую навигацию, а точные заходы на посадку первой категории метеоминимума в ближайшие годы начнут обеспечивать аэродромы, не оснащенные в настоящее время средствами ILS или MLS и которые составляют подавляющее большинство аэродромов в мире, особенно в развивающихся странах, включая страны СНГ. Это еще больше увеличит рынок средств спутниковой навигации, объем которого составляет сотни миллиардов долларов и который в настоящее время на 95 % контролируется фирмами США, Канады и Японии, главным образом фирмами США [18]. И составить серьезную конкуренцию США на этом рынке вряд ли смогут даже фирмы Европейского Союза, которым в настоящее время в Европе принадлежит не более 15 % рынка средств спутниковой навигации. Особенно в части средств аэронавигации, которые являются критическими по отношению обеспечения сохранности человеческой жизни и к которым предъявляются особо высокие требования. Для Украины в настоящее время и в ближайшем будущем наиболее актуальными задачами в области аэронавигационного обеспечения являются задачи обеспечения навигации и посадки самолетов зарубежных авиакомпаний и обеспечение транзитных полетов самолетов зарубежных авиакомпаний в воздушном пространстве Украины. С учетом сроков ввода в эксплуатацию систем LAAS, WAAS и EGNOS можно сделать вывод, вышеупомянутые задачи в течение ближайших лет эффективно будут осуществляться посредством традиционного наземного радионавигационного оборудования. Однако с вводом в 2003 г. в эксплуатацию системы EGNOS самолеты, оснащенные GPS/EGNOS или GPS/WAAS приемниками, смогут совершать в воздушном пространстве полеты по маршруту, в зоне аэродрома и при неточном заходе на посадку без поддержки традиционных наземных радионавигационных средств. Но при условии, что, или воздушное пространство Украины будет включено в зону действия EGNOS, или в Украине будет обеспечен автономный контроль качества сигналов EGNOS. Этот контроль может быть обеспечен с помощью контрольно - корректирующих станций, которые к тому же будут обеспечивать точный заход на посадку. Более того, достаточное количество контрольно-корректирующих станций, объединенных

в сеть типа GRAS, разрабатываемой скандинавскими странами [9], смогут обеспечить превращение спутниковой навигации в основное средство аэронавигации, которое будет независимым от EGNOS или WAAS. Естественно, что начиная с 2003 г., на мировом рынке будет большое количество разработанных фирмами дальнего зарубежья контрольно - корректирующих станций, обеспечивающих точные заходы на посадку первой категории метеоминимума. Тем не менее, в Украине возможна разработка конкурентоспособных контрольно - корректирующих станций, обеспечивающих точные заходы на посадку, если воспользоваться руководящим принципом ФАУ США при разработке контрольно-корректирующих станций системы LASS и который заключается в том, чтобы не разрабатывать составные части, а использовать имеющиеся на рынке, но с наиболее высокими характеристиками. Если руководствоваться этим принципом, то в Украине возможны разработки не только конкурентоспособных контрольно - корректирующих станций, но и бортовых средств спутниковой навигации. Если же пытаться догонять фирмы дальнего зарубежья в части разработки и производства GNSS приемников, микропроцессорных модулей и других устройства вычислительной техники, высоконадежных резервируемых источников вторичного электропитания, радиосредства цифровой радиосвязи ОБЧ диапазона типа VDL mode 3 (что оказалось не по силам СССР), то результаты будут отрицательными, а контрольно - корректирующие станции и другие средства спутниковой навигации на основе низкокачественных, но отечественных, составляющих будут неконкурентоспособными на внутреннем рынке, а затраты на их разработку и производство будут отнесены к убыткам.

Следует подчеркнуть, что разработка в Украине контрольно-корректирующей станции, обеспечивающей точные заходы на посадку, и ее опытная эксплуатация обеспечат возможность приобретения и накопления опыта, представляющего собой необходимое условие для широкого, эффективного и экономного использования спутниковой навигации в аэронавигационном обеспечении Украины.

1. Жудимар Дас Шагас. Взгляд ИКАО на перспективы авиационной радионавигации // Труды 3-й Международной конференции "Планирование глобальной навигации". - Москва, Россия, 1997. – С. 58-67.
2. Air Traffic Management Strategy for the Years 2000+. - Brussels, EUROCONTROL, 2000.

3. Benedicto J., Michel P., Ventura-Travest J. EGNOS: Project Status Overview // *Acrospace Europe Journal*. - 1999. –V.1, N 1. - P.58-64.
4. Breeuwer E., Farnworth R., Humphreys P. et al. Flying EGNOS, The GNSS-1 Test Bed // *Galileo World*. – 2000. –V.1, N 1. - P.10-21.
5. Draft SARPS for GNSS // Working Paper / 3 of the Third meeting of GNSS P ICAO, 12-23 April 1999, Montreal, Canada.
6. Ely W.S., McPerson K.W., Crosby G.K. at al. SCATI Flight Testing – The Australian Experience/ . // Proc. of ION GPS'99 meeting, 14-17 September 1999. - Nashville, USA. – P. 651-661.
7. Federal Aviation Administration (1999). Wide Area Augmentation System (WAAS) Specification (FAA-F-2898 with Change 1) Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
8. Federal Aviation Administration (2000). Specification Performance Type One Local Area Augmentation system Ground Facility (Draft FAA-E-2937 A), Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
9. Gustavsson N. Ground-based regional augmentation system (GRAS) // Working paper / 6 of the Third meeting GNSS ICAO, 12-23 April 1999, Montreal, Canada.
10. The Honeywell. Pelorus Satellite Landing System // WWW.Pelorus.com/sls 2000.htm.
11. Idiens R. GBAS SARPS Validation // WP / 9 of the Third meeting of GNSSP ICAO, 12-23 April 1999, Montreal, Canada.
12. Internet: WWW.raytheon.com
13. Katanic T., Gallimore I., Cussack C. et al. Operational Implementation of DGPS Precision Approaches at Airports in Norway // Proc. of ION GPS'99 meeting, 14-17 September 1999. - Nashville, USA. – P. 737-749.
14. Levy L.J., Thompson T., Pue A.J. GPS Risk Assessment for Civil Aviation // Proc. of ION GPS'99 meeting, 14-17 September 1999. -Nashville, USA. – P. 2121-2130.
15. Loh R., Nii A.S. Wide Area Augmentation System (WAAS) Design for Growth in Both National and International Environment // Proc. of DSNS'96 conference, 20-24 May 1996, St-Petersburg, Russia.
16. Miller J., Cotton W., Swider R. et al. LAAS Government: Industry Partnership // Proc. of ION GPS'99 Meeting, 14-17 September 1999, Nashville, USA. – P. 641-650.
17. Navigation Strategy for ECAC // Working Paper / 56 of the Third meeting of GNSSP ICAO, 12-23 April 1999, Montreal, Canada.
18. Nelson A. Europe's GNSS Market // *Galileo World*. - 2000. - V.1, N 1. - P. 34-41.
19. An Overview of the National Aerospace System (NAS) Architecture: Version 4, January 1999// WWW.faa.gov/nasarchitecture/blueprint/index. htm.
20. Ramsey J.W. Satellite – Based Approach and Landing Comes into Play // *Avionics Magazine*. – 1999, February. – P.28-33.
21. RTCA (1993). Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification (DO-178 B). Washington, D.C.: RTCA, Inc.
22. Sandhoo K.S., De Cleene B., Biggs M. at al. FAA'S Plan for the Future use of GPS // Proc. of ION GPS'99 meeting, 14-17 September 1999. - Nashville, USA.- P. 1763-1768
23. Weiser M., Disher C. Multipath Effect on DGNSS Ground Station // Proc. of the 2nd European Symposium on GNSS-98, 23-25 October, Toulouse, France.
24. Windl J., Gotz S., Beerhold J.R. et al. Flight and trials with combined DGPS/DGLONASS/INS system for high dynamic maneuvers and precision landings // Proc. of the 2nd European Symposium on GNSS-98, 23-25 October, Toulouse, France.