

УДК 621.396.946:629.7.051.83

В. В. Загоруйко, В. В. Конин

Науково-дослідний інститут нових фізичних і прикладних проблем, Київ

Обеспечение точных заходов на посадку методами спутниковой навигации

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 авиаперевозок в мире обусловил разработку ИКАО новой концепции глобальных систем связи, навигации, наблюдения/организации 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, 16] и Федерального авиационного управления (ФАУ) США [3, 14, 19], 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, 4, 14].

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 точных заходах на посадку первой категории метеоминимума в зоне действия каждого из спутниковых функциональных дополнений [4, 5, 14]. Однако точные заходы на посадку при пониженных метеоминимумах первой, а тем более второй и третьей категории, практически во всем мире осуществляются с помощью традиционных радионавигационных средств типа ILS или MLS. 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 средств

вами спутниковой навигации диктуется как экономическими, так и техническими причинами [20]. 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 гг. 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. Последние являются усредненными для относительно большого региона и 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 навигацион-

ных 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 [8], 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 получат 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 [3, 11]. 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 мень-

шую 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 надлежащем 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 [3, 9]. 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 будут обеспечивать точные заходы на посадку первой категории метеоминимума. Они будут развернуты к 2008 г. в аэропортах, где точные заходы на посадку первой категории метеоминимума не обеспечиваются системой WAAS. 112 контрольно-корректирующих станций будут обеспечивать точные заходы на посадку первой, второй и третьей категории метеоминимума после разворачивания будут развернуты в главных аэропортах к 2015 г. [7]. Широкое использование контрольно-корректирующих станций вместо и взамен систем ILS, после ввода в эксплуатацию в 2003 г. системы EGNOS, планируется и Европейским сообществом [4, 5].

Разработку LAAS осуществляют два консорциума, состоящие из производителей контрольно-корректирующих станций и бортового навигационного оборудования, авиакомпаний и аэропортов. Возглавляются они фирмами «Honeywell» и «Raytheon» — 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 [7, 12]. Фирма «Raytheon» также разработала и поставляет ВВС США мобильную контрольно-корректирующую станцию JPALS, обеспечивающую точные заходы на посадку второй категории метеоминимума [13]. Контрольно-корректирующая стан-

ция SLS-2000 фирмы «Honeywell» прошла успешную апробацию в аэропортах Австралии и Бразилии и в 1998 г. введена в эксплуатацию в двух портах США и Канады для обеспечения точных заходов на посадку специальной первой категории (SCATI) метеоминимума [7, 22]. 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 [15]. 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) [18, 22].

Потенциальные возможности контрольно-корректирующих станций обусловили разработку скандинавскими странами системы GRAS [10]. Это сеть из контрольно-корректирующих станций, которые транслируют дифференциальные поправки для обеспечения точных заходов на посадку, а также дают возможность использовать бортовые навигационные средства на основе спутниковой навигации в качестве основного средства и без 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 ED 97: «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 Контрольно-корректирующие станции и сети из них по стоимости и точностным характеристикам представляют собой оптимальное техническое средство для обеспечения точных заходов на посадку. Во-первых, они являются необходимым элементом для превращения средств спутниковой навигации (GNSS) в основное, если не единственное средство аэронавигации. Во-вторых, они обладают неограниченной пропускной способностью и являются относительно дешевыми в изготовлении и эксплуатации. Кроме того, контрольно-корректирующие станции обеспечивают возможность высокоточного контроля 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 сигналов от спутников ГЛОНАСС и/или GPS сформировать и транслировать корректирующую информацию (поправки к псевдодалностям, информация о целостности), учет которой бортовыми средствами уменьшает погрешность местоположения до 2 м в случае первой категории метеоминимума и менее 1 м в случае второй и третьей категории метеоминимума. Кроме того, дополнительно формируется и транслируется воздушным судам глиссадная информация.

В принципе первые две функции контрольно-корректирующих станций, обеспечивающих точные заходы на посадку, свойственны и широко используемым сейчас станциям, обеспечивающим мореплавание в прибрежной зоне, но это два различных класса радионавигационного оборудования.

Для контрольно-корректирующих станций обеспечения точных заходов на посадку требуется существенно меньшая погрешность дифференциальных поправок к псевдодалностям и 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 высокие достоверность передаваемой корректирующей ин-

формации, надежность и контроль целостности. В результате они существенно отличаются диапазоном частот передачи информации, другими характеристиками радиоканала, структурой и регламентируются различной нормативной документацией.

Существенное отличие в радиоканале передачи корректирующей информации точного захода на посадку заключается в том, что трансляция должна осуществляться со скоростью 31500 бит/с 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) 2⁸-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, 3, 16], и следовательно, диапазон частот может быть использован для трансляции корректирующей информации станциями, обеспечивающими точные заходы на посадку. Скорость передачи данных, тип модуляции, использование помехоустойчивого кодирования определяются требованиями к цифровой авиационной радиосвязи ОБЧ-диапазона [20]. В США и в Европейском сообществе запланировано все возрастающее ее использование при внедрении CNS/ATM [4, 5, 7].

Жесткие требования к погрешностям определения местоположения воздушных судов могут быть выполнены только в результате уменьшения влияния многолучевого приема и собственных шумов приемника GNSS. В настоящее время это может быть обеспечено только путем существенного увеличения количества приемников и антенн GNSS, оборудованных средствами для уменьшения многолучевого приема [13]. Так, в контрольно-корректирующих станциях системы LAAS, обеспечивающих точные заходы на посадку по первой категории метеоминимума, должно быть не менее трех приемников GNSS, а по третьей категории — 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 навигационных спутников и измеренных псевдодалностей к последним). Ее обработка осуществляется специализированным вычислительным устройством, которое вырабатывает и форматирует в виде стандартизированных сообщений корректирующую информацию. Специализированное вычислительное устройство вместе с программным обеспечением будет определять характеристики контрольно-корректи-

рующих станций, а приемники GNSS будут выступать в качестве источников исходной информации, которая, естественно, должна быть максимально высокого качества. Основными составными частями контрольно-корректирующих станций являются аппаратная часть и программное обеспечение. При этом последнее должно удовлетворять требованиям стандарта [21], что обязательно имеет место в случае контрольно-корректирующих станций, разрабатываемых в США [13, 22]. 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 отдельных составных частей станции — антенн GNSS, блока датчиков (приемников) GNSS, специализированного вычислительного устройства — может осуществляться независимо, обеспечивая в итоге точные заходы на посадку третьей категории метеоминимума. Следует отметить, что модульный принцип характерен 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 состоять из частей, имеющих на рынке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка и внедрение технологий CNS/ATM обусловлена непрерывным увеличением объема авиaperевозок в мире и необходимостью обеспечить их безопасность. Так, авиационный парк США в настоящее время включает 280 000 самолетов различного назначения, полеты которых внутри США обеспечивают свыше 4000 аэродромов. Однако внедрение технологий CNS/ATM требует огромных затрат и должно осуществляться путем постепенного вывода традиционных и ввода в эксплуатацию новых средств. Нет сомнения, что в течение последующих 10—15 лет осуществится переход авионавигации 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. Это еще больше увеличит рынок средств спутниковой навигации, объем которого составляет сотни мил-

лиардов долларов и который в настоящее время на 95 % контролируется фирмами США, Канады и Японии (главным образом фирмами США) [17]. Составить серьезную конкуренцию США на этом рынке вряд ли смогут даже фирмы Европейского Союза, которым в Европе принадлежит не более 15 % рынка средств спутниковой навигации. Тем более в части средств авионавигации, 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 являются обеспечение навигации и посадки самолетов зарубежных авиакомпаний и обеспечение транзитных полетов самолетов зарубежных авиакомпаний в воздушном пространстве Украины. Эти задачи в течение ближайших лет будут осуществляться посредством традиционного наземного радионавигационного оборудования. 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 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 [10], смогут обеспечить превращение спутниковой навигации в основное средство авионавигации, которое будет независимым от EGNOS или WAAS. Естественно, что с 2003 г. на мировом рынке будет большое количество разработанных фирмами дальнего зарубежья контрольно-корректирующих станций, обеспечивающих точные заходы на посадку первой категории метеоминимума. В то же время в Украине возможна разработка конкурентоспособных контрольно-корректирующих станций, обеспечивающих точные заходы на посадку, построенных с использованием имеющихся на рынке составных частей, но с наиболее высокими характеристиками. Если руководствоваться этим принципом, то в Украине возможна разработка не только конкурентоспособных контрольно-корректирующих станций, но и бортовых средств спутниковой навигации. Если же пытаться догонять фирмы дальнего зарубежья в разработке и производстве GNSS-приемников, микропроцессорных модулей и других устройств вычислительной

техники, высоконадежных резервируемых источников вторичного электропитания, радиосредств цифровой радиосвязи ОВЧ-диапазона типа VDL mode 3 (что оказалось не по силам СССР), то результаты будут отрицательными. Контрольно-корректирующие станции и другие средства спутниковой навигации на основе низкокачественных составляющих будут неконкурентоспособными на внешнем 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 опыта, необходимого для широкого, эффективного и экономного использования спутниковой навигации в аэронавигационном обеспечении Украины.

1. Жудимар Дас Шагас. Взгляд ИКАО на перспективы авиационной радионавигации // Тр. 3-й Междунар. конф. «Планирование глобальной навигации». — М., 1997.— С. 58—67.
2. Air traffic management strategy for the Years 2000+. — Brussels, EUROCONTROL, 2000.
3. An Overview of the National Aerospace System (NAS) architecture: Version 4, January 1999 // WWW.faa.gov/ nasarchitecture/blueprint/index.htm.
4. Benedicto J., Michel P., Ventura-Travest J. EGNOS: Project status overview // Aerospace Europe J.—1999.—1, N 1.— P. 58—64.
5. Breeuwer E., Farnworth R., Humphreys P., et al. Flying EGNOS, The GNSS-1 test bed // Galileo World.—2000.—1, N 1.—P. 10—21.
6. Draft SARPS for GNSS // Working Paper / 3 of the Third meeting of GNSSP ICAO, 12—23 April 1999, Montreal, Canada.
7. Ely W. S., McPerson K. W., Crosby G. K., et al. SCATI Flight Testing — The Australian Experience // Proc. of ION GPS'99 meeting, 14—17 September 1999. — Nashville, USA. — P. 651—661.
8. Federal Aviation Administration (1999). Wide area augmentation system (WAAS) specification (FAA-F-2898 with Change 1) Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
9. 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.
10. Gustavsson N. Ground-based regional augmentation system (GRAS) // Working paper / 6 of the Third meeting GNSS ICAO, 12—23 April 1999, Montreal, Canada.

11. Idiens R. GBAS SARPS validation // WP / 9 of the Third meeting of GNSSP ICAO, 12—23 April 1999, Montreal, Canada.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Navigation strategy for ECAC // Working Paper / 56 of the Third meeting of GNSSP ICAO, 12—23 April 1999, Montreal, Canada.
17. Nelson A. Europe's GNSS market // Galileo World.—2000.—1, N 1.—P. 34—41.
18. Ramsey J. W. Satellite-based approach and landing comes into play // Avionics Magazine.—1999, February.—P. 28—33.
19. RTCA. Software considerations in airborne systems and equipment certification (DO-178 B). — Washington, D.C.: RTCA, Inc., 1993.
20. Sandhoo K. S., De Cleene B., Biggs M., et al. FAA'S plan for the future use of GPS // Proc. of ION GPS'99 meeting, 14—17 September 1999. — Nashville, 1999.—P. 1763—1768.
21. Weiser M., Disher C. Multipath effect on DGNSS ground station // Proc. of the 2nd european symposium on GNSS-98, 23—25 October, Toulouse, France.
22. 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.

ENSURING PRECISION APPROACHES USING THE SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS

V. V. Zagoruiko, V. V. Konin

We review the state of the satellite navigation systems and standards. Problems of precision approaches realization by means of satellite navigation systems are described in detail. Prospects of application of the ground reference stations to ensure the precision approaches are shown. Perspective scheme-constructed solutions of the ground reference station structure are considered. A reasoned conclusion about the expediency and possibility to develop the competitive Ukrainian ground reference stations is given.