

DOI: 10.26467/2079-0619-2017-20-4-98-106

ПУТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ В РАМКАХ ВНЕДРЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ CNS/ATM

И.А. ЧЕХОВ¹

¹Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Россия

В статье изложены общие принципы развития аэронавигационных систем гражданской авиации (ГА) на ближайшие годы согласно концепции Международной организации гражданской авиации ИКАО CNS/ATM. Это нашло свое отражение в Глобальном аэронавигационном плане ИКАО, принятом в 2013 году. Рассмотрена структура блочной модернизации авиационной системы, направленная на оптимизацию по четырем основным характеристикам, таким как операции в аэропортах; интероперабельные в глобальном масштабе системы и данные; оптимальная пропускная способность и гибкие маршруты полетов, а также эффективные траектории полета. При этом основное внимание в плане уделяется вопросам навигации, основанной на характеристиках (PBN), основные положения которой опираются на четыре основных блока, составляющих понятие PBN. В работе рассматриваются возможные пути реализации указанных блоков с учетом особенностей использования воздушного пространства Российской Федерации. На основании проведенного анализа сделаны выводы о постепенном переходе от навигационных спецификаций RNAV к спецификациям RNP, о повышении точности навигации ВС путем модернизации наземных радионавигационных средств, как на маршруте полета, так и в воздушном пространстве района аэродрома, о необходимости продолжения разработки схем неточных заходов с использованием GNSS с последующим переходом к схемам точных заходов на посадку при помощи функциональных дополнений к ГЛОНАСС – GBAS и SBAS, также о необходимости исследования возможностей отечественной системы СДКМ (SDKM) для повышения точности навигации на различных этапах полета. Вместе с тем стандартные маршруты прибытия и вылета (SID/STAR) должны выполняться в режиме постоянного набора высоты или постоянного снижения.

Ключевые слова: концепция CNS/ATM, навигация, основанная на характеристиках, Глобальный аэронавигационный план, навигационные спецификации.

Разработка концепции CNS/ATM началась еще в 80-х годах прошлого столетия и была принята ИКАО как рабочий документ уже в 10-е годы нашего столетия. Основными разделами принятого документа были следующие:

- 1) телекоммуникации;
- 2) навигация;
- 3) наблюдение;
- 4) организация воздушного движения [1, 2].

В данной работе рассматриваются вопросы развития навигационных систем в РФ, следуя основным положениям Концепции [3].

В первичных вариантах формулировки Концепции предусматривалось развитие следующих направлений навигации:

- всемерного использования глобальных спутниковых навигационных систем (GNSS) с применением функциональных дополнений [7–9];
- реализации методов зональной навигации (RNAV) с применением требуемых навигационных характеристик (RNP) [10].

Естественно, что первое и второе направления весьма взаимосвязаны между собой и дополняют друг друга. В настоящее время в Российской Федерации идет постепенное внедрение RNAV в рамках использования GNSS, что дает возможность обеспечивать навигацию на маршруте движения ВС и выполнять процедуры, связанные с неточным заходом на посадку.

При дальнейшем внедрении соответствующих систем функционального дополнения и связанных с ними процедур можно ожидать постепенного решения вопросов, связанных с точным заходом на посадку. Не снимается и проблема обеспечения навигации с требуемыми навигационными характеристиками, которая достаточно актуальна для РФ, так как воздушное про-

странство нашей страны расположено над морскими, океаническими и материковыми территориями, включающими в себя местности с различным рельефом, а также малообжитые и малонаселенные территории.

В то же время в последние годы ИКАО приняло концепцию навигации, основанной на характеристиках (PBN) [4]. Суть данной концепции заключается в том, что для осуществления навигации ВС в определенном конкретном воздушном пространстве необходимо учитывать инфраструктуру навигационных средств, технические требования, предъявляемые к ВС, осуществлять реорганизацию самого воздушного пространства. Заметим, что двумя основными аспектами применения PBN в РФ являются требования, предъявляемые к соответствующей навигационной спецификации и к инфраструктуре навигационных средств (как наземных, так и спутниковых), которые в целом обеспечивают работу систем аэронавигации.

Глобальный аэронавигационный план предусматривает как наиболее приоритетное направление внедрение блочной модернизации всей авиационной системы [5]. Как указано в документе ИКАО, целью блочной модернизации является поддержание и повышение уровня безопасности полетов, эффективным согласованием программ совершенствование организации воздушного движения, устранение препятствий на пути дальнейшего повышения эффективности деятельности авиации и уменьшение воздействия на окружающую среду. Основу этого подхода составляют четыре конкретные и взаимосвязанные авиационные области совершенствования характеристик [5].

1. Операции в аэропортах.
2. Интероперабельные в глобальном масштабе системы и данные.
3. Оптимальная пропускная способность и гибкие маршруты полетов.
4. Эффективные траектории полета.

По каждой из приведенных характеристик в соответствующих документах ИКАО даны рекомендации и предложения по их совершенствованию на основе различных блоков. Особо следует отметить, что в документах ИКАО специально оговаривается возможность для заинтересованных сторон, ответственных за определенное воздушное пространство, самостоятельно выбирать первоочередность реализации того или иного блока для различной характеристики, а также глубину реализации соответствующего блока для своей зоны ответственности. В то же время указывается, что в ближайшем будущем по отдельным позициям внедряемых блоков для успешного выполнения Глобального аэронавигационного плана будут приняты необходимые требования, которые станут обязательными для всех стран – членов ИКАО. В силу сказанного, для Российской Федерации задача реализации указанных выше блоков является весьма актуальной и требующей постоянного внимания.

Каждый блок может состоять из набора отдельных модулей, каждый из которых состоит из группы элементов, которые определяют необходимые компоненты модернизации связи, навигации и наблюдения, предназначенные для ВС, систем связи, наземных компонентов систем УВД, вспомогательных средств принятия решений диспетчерами УВД и т. п.

Кратко остановимся на основных направлениях совершенствования каждой характеристики.

Для совершенствования первой характеристики – операции в аэропортах, по первому блоку предусматривается следующее.

1. Оптимизация схем захода на посадку, включая наведение в вертикальной плоскости, что является первым шагом в направлении повсеместного внедрения заходов на посадку по GNSS.

2. Повышение пропускной способности ВПП за счет оптимизированного эшелонирования с учетом турбулентности в спутном следе, путем пересмотра действующих минимумов и процедур эшелонирования ИКАО.

3. Оптимизация потоков движения на ВПП на основе установления очередности (AMAN/DMAN), синхронизированное по времени установление очередности движения вылетающих и прибывающих воздушных судов.

4. Безопасность и эффективность наземных операций с использованием систем управления наземным движением и контроля над ним A-SMGCS.

5. Оптимизация операций в аэропортах на основе применения принципов совместного решения (CDM) и совместной работы эксплуатационных подразделений в аэропортах.

По второму блоку предусматривается следующее.

1. Оптимизация доступа в аэропортах, т. е. дальнейшее развитие модуля 1 в блоке 1, это является следующим шагом в процессе повсеместного внедрения заходов на посадку по GNSS.

2. Повышение пропускной способности ВПП при вылете и прилете путем динамичного управления минимумами эшелонирования с учетом турбулентности в спутном следе на основе идентификации опасности попадания в спутный след в реальном масштабе времени. Эта позиция совпадает с модулем 2 в блоке 1, но понятие оптимизированного эшелонирования заменяется на динамическое эшелонирование, т. е. процесс должен идти в реальном масштабе времени.

3. Оптимизация операций в аэропортах на основе организации вылетов, наземного движения и прилетов. Активное регулирование движения прибывающих воздушных судов, интеграция организации наземного движения и установление очередности вылетов обеспечивают надежность организации движения на ВПП, повышение эффективности работы аэропортов и производства полетов. Это дальнейший шаг по отношению к позиции 3 в блоке 1.

4. Повышение безопасности и эффективности наземного движения с расширенными возможностями визуализации. Наблюдение за наземным движением в аэропортах в интересах ПАНО и летных экипажей с применением логических схем обеспечения безопасности полетов, дисплеев движущихся карт в кабине экипажа и визуальных систем обеспечения руления.

5. Оптимизация аэропортовых операций на основе принципов совместной работы эксплуатационных подразделений в аэропортах. Позиция совпадает с позицией 5 для блока 1, но расширяется сфера действия.

6. Дистанционно управляемые аэродромные диспетчерские пункты. Дистанционно управляемые аэродромные диспетчерские пункты предоставляют ОВД в случае непредвиденных обстоятельств и дистанционное ОВД на аэродромах за счет использования систем и средств визуализации.

По третьему блоку предусматривается следующее.

1. Совершенствование процесса эшелонирования с учетом турбулентности в спутном следе (основанного на времени): применение основанных на времени минимумов эшелонирования и изменение существующих процедур для применения минимумов.

2. Сопряжение систем AMAN/DMAN. Здесь предусматривается синхронизировать работу систем AMAN и DMAN для повышения степени динамичности операций на маршруте и в районе аэродромов.

3. Оптимизация маршрутизации наземного движения и обеспечиваемые ей преимущества для безопасности полетов. Здесь имеется в виду маршрутизация руления и наведение с переходом к операциям, основанным на траектории; мониторинг на земле/в кабине экипажа и использование линий передачи данных для передачи диспетчерских разрешений и информации. Системы искусственной визуализации в кабине экипажа.

По четвертому блоку предусматриваются интегрированные системы AMAN/DMAN/SMAN. Предполагается реализация полностью синхронизированной организации сети в рамках аэропортов вылета и аэропортов прилета для всех ВС, находящихся в конкретный момент времени в любой заданной точке.

Совершенствование второй характеристики – интероперабельные в глобальном масштабе системы и данные, по первому блоку предусматривает:

1) повышение степени интероперабельности, эффективности и пропускной способности за счет интеграции систем связи «земля – земля». Обеспечение координации передачи данных по линии связи «земля – земля» между ATSU за счет использования систем передачи данных между службами УВД (AIDC);

2) повышение уровня обслуживания за счет управления цифровой аэронавигационной информацией. Первоначальное введение цифровой обработки и управления информацией посредством внедрения САИ/УАИ, переход к электронным АИР и повышение качества и степени доступности данных;

3) метеорологическая информация, способствующая повышению уровня эксплуатационной эффективности и безопасности полетов.

По второму блоку:

1) повышение степени интероперабельности, эффективности и пропускной способности за счет реализации обмена информацией по линии связи «земля – земля» с использованием перед вылетом общей стандартной модели полетной информации, FIXM, XML и концепции объекта полета;

2) повышение уровня обслуживания за счет интеграции всей цифровой информации ОрВД. Внедрение стандартной информационной модели ОрВД, объединяющей всю информацию ОрВД с использованием UML и позволяющей предоставлять данные XML и осуществлять обмен данными на основе протоколов Интернета с WXXM для передачи метеорологической информации;

3) совершенствование характеристик на основе общесистемного управления информацией (SWIM);

4) принятие оптимальных эксплуатационных решений на основе использования комплексной метеорологической информации (планирование и обслуживание в краткосрочной перспективе). Метеорологическая информация, обеспечивающая возможность использования автоматизированного процесса принятия решений или средств: метеорологическая информация, результаты интерпретаций метеорологических условий, учет их влияния на ОрВД и поддержка принятия решений в рамках ОрВД.

По третьему блоку:

1) повышение степени координации на основе интеграции многопунктовой системы связи «земля – земля»;

2) создание возможностей для задействования бортового оборудования в процессе совместного обеспечения ОрВД на базе SWIM. Подключение воздушного судна к информационному узлу в SWIM позволяет участвовать в коллективном процессе ОрВД с доступом к разнообразным, обширным и динамичным данным, включая метеорологические данные.

По четвертому блоку:

1) улучшение эксплуатационных характеристик за счет внедрения полномасштабной системы в целях обеспечения функционирования коллективной ОрВД. Все данные, касающиеся всех соответствующих рейсов, систематически совместно используются бортовыми и наземными системами;

2) принятие оптимальных эксплуатационных решений на основе использования комплексной метеорологической информации (планирование на краткосрочный и ближайший период). Метеорологическая информация, обеспечивающая возможность использования вспомогательных бортовых и наземных автоматизированных средств принятия решений для реализации стратегии смягчения последствий воздействия неблагоприятных метеорологических условий.

Для совершенствования третьей характеристики – оптимальная пропускная способность и гибкие маршруты полетов, по первому блоку предусматривается:

1) оптимизация производства полетов за счет использования улучшенных траекторий полета на маршруте;

2) улучшение характеристик потоков воздушного движения за счет планирования на основе общесетевого анализа. Совместные меры в области АТФМ для регулирования пиковых потоков воздушного движения с применением «окон» при вылете; управление интенсивностью входа воздушных судов в заданный район воздушного пространства по определенной оси воздушной трассы, определение заданного времени выхода на точку пути или РПИ/границу секто-

ра на маршруте полета, учет расстояния в милях при полете в следе для упорядочения потоков по некоторым осям воздушных трасс и изменение потоков воздушного движения с целью избежать загруженных районов воздушного пространства;

3) первоначальные функциональные возможности для наземного наблюдения. Наземное наблюдение с использованием ADS-B OUT и/или системы мультilaterации широкой зоны действия повысит уровень безопасности полетов, в частности, эффективность поисково-спасательных операций и пропускную способность за счет сокращения минимумов эшелонирования;

4) ситуационная осведомленность о воздушном движении (ATSA);

5) улучшение доступа к оптимальным эшелонам полета за счет использования процедур набора высоты/снижения на базе ADS-B;

6) модернизация в краткосрочной перспективе существующих бортовых систем предупреждения столкновений (БСПС) в целях снижения числа отвлекающих внимание сигналов предупреждений при сохранении существующих уровней безопасности полетов;

7) повышение эффективности комплексов наземных средств обеспечения безопасности полетов.

По второму блоку:

1) совершенствование производства полетов за счет оптимизации маршрутов ОВД. Внедрение свободной маршрутизации в выделенном воздушном пространстве, когда план полета не определяется участками опубликованной сети маршрутов или системы треков, что упрощает соблюдение предпочитаемых пользователем профилей;

2) улучшение характеристик потоков воздушного движения за счет сетевого эксплуатационного планирования. Использование систем АТФМ, объединяющих в себе организацию воздушного пространства и потоков воздушного движения, включая начатые первичным пользователем процессы приоритизации для совместной выработки решений АТФМ на основе коммерческих/эксплуатационных приоритетов;

3) повышение пропускной способности и эффективности на основе управления интервалами;

4) комплексы наземных средств обеспечения безопасности полетов при заходе на посадку.

По третьему блоку:

1) расширение участия пользователей в процессе динамического использования сети;

2) эшелонирование с использованием бортового оборудования (ASEP). Эксплуатационные преимущества, обусловленные временной передачей летному экипажу ответственности за обеспечение эшелонирования между должным образом оборудованными назначенными воздушными судами уменьшат необходимость выдачи разрешений по устранению конфликтных ситуаций при одновременном сокращении рабочей нагрузки на органы УВД, и обеспечат возможность использования более эффективных профилей полета;

3) внедрение БСПС, адаптированной для учета операций, основанных на траектории полета с усовершенствованной функцией наблюдения, поддерживаемой ADS-B, в целях снижения числа отвлекающих внимание сигналов предупреждения и отклонений. Новая система позволит повысить эффективность полетов и процедур, обеспечивая при этом соблюдение правил безопасности полетов.

По четвертому блоку: внедрение мер по упрощению воздушного движения для учета событий и явлений, которые влияют на потоки движения.

Совершенствование четвертой характеристики – эффективные траектории полета, по первому блоку предусматривает:

1) повышение степени гибкости и эффективности при выполнении профилей снижения (CDO). Внедрение основанных на характеристиках процедур использования воздушного пространства и прибытия, которые позволяют воздушным судам выполнять полет по оптимальным

профилям в режиме непрерывного снижения (CDO) с учетом сложности воздушного пространства и воздушного движения;

2) повышение уровня безопасности и эффективности полетов за счет начального этапа применения линий передачи данных на маршруте за счет внедрения линий передачи данных для ведения наблюдения и связи в целях УВД;

3) повышение степени гибкости и эффективности при выполнении профилей вылета. Производство полетов в режиме непрерывного набора высоты (ССО). Внедрение процедур вылета, позволяющих воздушным судам выполнять полет по оптимальным профилям в режиме непрерывного набора высоты (ССО) с учетом сложности воздушного пространства и воздушного движения.

По второму блоку:

1) повышение степени гибкости и эффективности при выполнении профилей снижения (CDO) с использованием вертикальной навигации (VNAV);

2) улучшение синхронизации воздушного движения и начальный этап внедрений операций, основанных на траектории полета;

3) Внедрение базовых процедур эксплуатации дистанционно пилотируемых воздушных судов (ДПВС) в несегрегированном воздушном пространстве охватывает функции обнаружения и уклонения.

По третьему блоку:

1) повышение степени гибкости и эффективности при выполнении профилей снижения (CDO) с использованием VNAV, заданной скорости и времени прибытия;

2) интеграция ДПВС в воздушное движение. Внедрение более совершенных эксплуатационных процедур на случай потери связи (включая индивидуальный код ответчика на случай потери связи), а также усовершенствованных технологий обнаружения и уклонения.

По четвертому блоку:

1) операции, полностью основанные на четырехмерных траекториях полета. При выполнении операций, основанных на траектории полета, обеспечивается точная четырехмерная траектория, которая совместно используется всеми пользователями авиационной системы в ее основе. Это позволяет получать в масштабах всей системы самую последнюю информацию, которая интегрирована в средства поддержки принятия решений, что обеспечивает процесс принятия решений в рамках глобальной ОрВД;

2) транспарентность в управлении ДПВС, которые эксплуатируются на поверхности аэродрома и в несегрегированном воздушном пространстве совершенно так же, как и любое другое воздушное судно.

Еще раз обратим внимание, что в соответствии с Глобальным аэронавигационным планом блочная структура реализуется последовательно во времени, т. е. сначала предусматривается полное выполнение операций по первому блоку, потом по второму и т. д. Естественно, это не исключает работ одновременно по нескольким блокам. Вернемся к первому блоку реализации процедур PBN с точки зрения задач Российской Федерации.

Реализация первого блока в РФ также предусматривает ряд этапов [6]. На первом этапе предполагается обеспечение навигационной спецификации RNAV10 для полетов ВС над открытым морем, а также для полетов по маршрутам ОБД, расположенных на удаленных континентальных районах на основе применения автономной бортовой системы навигации и GNSS.

Внедрение навигационной спецификации RNAV5 осуществляется на основе применения автономной бортовой системы навигации, систем VOR/DME, DME/DME и GNSS в континентальных районах. Все маршруты ОБД со спецификацией RNAV5 должны поддерживаться эксплуатационными возможностями комплексов средств автоматизации (КСА) УВД, обеспечивающими заданную готовность, точность, целостность, непрерывность и т. д.

Продолжается внедрение полетов в аэропортах стандартных маршрутов прибытия и вылета (SID/STAR) с использованием навигационных спецификаций RNAV1 для ВС, оборудованных DME/DME и GNSS. При этом, где это представляется целесообразным, маршруты прибы-

тия и вылета RNAV1 разрабатываются с совмещением их с уже существующими традиционными стандартными маршрутами вылета и прилета, основанными на использовании традиционных навигационных средств (VOR, DME, NDB, LOC и т. п.).

Для неточных заходов на посадку (LNAV) используется навигационная спецификация RNP APCH, основанная на использовании GNSS, а также продолжается внедрение неточных заходов на посадку с вертикальным наведением на основе BaroVNAV (LNAV/VNAV) с использованием навигационной спецификации (RNP APCH/BaroVNAV).

Внедрение заходов на посадку с вертикальным наведением с использованием навигационной спецификации RNP APCH/LPV будет начато при вводе в эксплуатацию функционального дополнения СНС ГЛОНАСС – СДКМ.

Заметим, что на отдельных аэродромах может быть внедрена процедура RNP AR APCH для обеспечения полётов в условиях сложного рельефа местности и решения вопросов соблюдения ограничений на использование воздушного пространства.

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

1. При выполнении полетов по маршруту необходимо обеспечить постепенный переход от навигационных спецификаций RNAV к спецификациям RNP по мере увеличения количества воздушных судов, оборудованных системами RNP.

2. Повысить точность навигации ВС путем постепенной замены систем VOR/DME и DVOR/DME на DME/DME как на маршруте полета, так и в воздушном пространстве района аэродрома.

3. При заходе на посадку продолжить разработку схем неточных заходов с использованием GNSS с последующим переходом к схемам точных заходов на посадку при помощи функциональных дополнений к ГЛОНАСС – GBAS и SBAS (СДКМ).

4. Необходимо исследовать возможности отечественной системы СДКМ (SDKM) для повышения точности навигации на различных этапах полета.

5. Привести стандартные маршруты прибытия и вылета (SID/STAR) к навигационным спецификациям RNAV1 (RNP1) с последующим их переходом в режим постоянного набора высоты или постоянного снижения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция и системы CNS/ATM в гражданской авиации / В.В. Бочкарев, В.Ф. Кравцов, Г.А. Крыжановский и др.; под ред. Г.А. Крыжановского. М.: Академкнига, 2003. 414 с.

2. **Затучный Д.А., Логвин А.И., Нечаев Е.Е.** Проблемы реализации режима автоматического зависимого наблюдения в России. М.: МГТУ ГА, 2012. 116 с.

3. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации (SARPS). Т. 1. Радионавигационные средства. 6-е изд. Монреаль: ИКАО, 2006.

4. ИКАО Док.9613. Руководство по навигации, основанной на характеристиках (PBN). 4-е изд. Монреаль: ИКАО, 2013.

5. ИКАО Док.9750-AN/963. Глобальный аэронавигационный план 2013–2028. 4-е изд. Монреаль: ИКАО, 2013.

6. План внедрения навигации, основанной на характеристиках (PBN), в воздушном пространстве РФ. М.: Росавиация, 2014.

7. **Соловьев Ю.А.** Системы спутниковой навигации. М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2000. 270 с.

8. **Логвин А.И., Орлов О.Е.** Спутниковые системы навигации и связи для УВД. М.: МГТУ ГА, 2002. 64 с.

9. **Логвин А.И., Соломенцев В.В.** Спутниковые системы навигации и связи для УВД. М.: МГТУ ГА, 2005. 84 с.

10. **Бакулев П.А., Сосновский А.А.** Радионавигационные системы. М.: Радиотехника, 2011. 110 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Чехов Игорь Анатольевич, кандидат военных наук, доцент кафедры управления воздушным движением МГТУ ГА, электронный адрес: i.chehov@mstuca.aero.

WAYS OF NAVIGATION SYSTEMS DEVELOPMENT WITHIN THE IMPLEMENTATION OF THE CNS/ATM CONCEPT

Igor A. Chekhov¹

¹*Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

ABSTRACT

The general development principles of the civil aviation air navigation systems for the next years according to the concept of International Civil Aviation Organization (ICAO) CNS/ATM are stated in the article. It was reflected in the Global air navigation plan of ICAO accepted in 2013. The author considered the structure of block modernization of aviation system directed to optimization according to four main characteristics, such as: operations at the airports; systems and data interoperable on a global scale; optimum capacity and flexible flight routes, and also effective trajectories of flight. At the same time the main attention in the plan is paid to questions of the performance based navigation (PBN), the basic theses of which lean on four main units that make the concept of PBN. The possible ways of the specified blocks implementation taking into account features of the Russian Federation airspace use are considered in this paper. On the basis of the carried-out analysis conclusions are drawn on gradual transition from the RNAV navigation specifications to the RNP specifications, on increase in accuracy of navigation by modernization of ground radio navigational aids, both on a flight route and airspace of airfield area, on need of continuing the development of inexact calling schemes, using GNSS, with the subsequent transition to schemes of exact landing approaches by means of functional additions to GLONASS – GBAS and SBAS, also on the need of opportunities research in the domestic system SBAS (SDKM) for the increase in accuracy of navigation at various stages of flight. At the same time, standard instrument routes of arrival and departure (SID/STAR) have to be carried out in the mode of constant climb or continuous descent.

Key words: CNS/ATM concept, performance-based navigation, navigation specifications, Global Air Navigation Plan.

REFERENCES

1. **Bochkarev V.V., Kravcov V.F., Kryzhanovskij G.A.** *Koncepcija i sistemy CNS/ATM v grazhdanskoj aviacii. Pod red. G.A. Kryzhanovskogo* [The concept and the CNS/ATM systems in civil aviation]. Moscow, Akademkniga, 2003, 414 p. (in Russian)
2. **Zatuchnyj D.A., Logvin A.I., Nechaev E.E.** *Problemy realizacii rezhima avtomaticheskogo zavisimogo nabljudenija v Rossii* [Problems of realization of the mode of automatic dependent surveillance in Russia]. Moscow, MGTU GA, 2012, 116 p. (in Russian)
3. Annex 10. Aeronautical Telecommunications. Vol.I Radio Navigation Aids. 6th edition. Montreal. ICAO, 2006.
4. ICAO Doc 9613 Performance-based Navigation (PBN) Manual. 4th Edition, Montreal. ICAO, 2013.
5. ICAO Doc 9750-AN/963 Global Air Navigation Plan 2013–2028. 4th Edition, Montreal. ICAO, 2013.
6. *Plan vnedrenija navigacii, osnovannoj na harakteristikah (PBN), v vozdušnom prostranstve RF* [The plan of introduction of the performance based navigation (PBN) in air space of the Russian Federation]. Moscow, Rosaviacija, 2014. (in Russian)
7. **Solov'ev Ju.A.** *Sistemy sputnikovoj navigacii* [Systems of satellite navigation]. Moscow, JeKO-TRENDZ, 2000, 270 p. (in Russian)
8. **Logvin A.I., Orlov O.E.** *Sputnikovyje sistemy navigacii i svjazi dlja UVD* [Satellite systems of navigation and communication for ATC]. Moscow, MGTU GA, 2002, 64 p. (in Russian)

9. **Logvin A.I., Solomencev V.V.** *Sputnikovye sistemy navigacii i svyazi dlja UVD* [Satellite systems of navigation and communication for ATC]. Moscow, MGTU GA, 2005, 84 p. (in Russian)

10. **Bakulev P.A., Sosnovskij A.A.** *Radionavigacionnye sistemy* [Radionavigation systems]. Moscow, Radiotekhnika, 2011, 110 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Igor A. Chekhov, Candidate of Science, Moscow State Technical University of Civil Aviation, i.chehov@mstuca.aero.

Поступила в редакцию 21.01.2017
Принята в печать 25.05.2017

Received 21.01.2017
Accepted for publication 25.05.2017