

**План внедрения навигации, основанной на характеристиках, в  
воздушном пространстве Российской Федерации**

Москва,  
2010 г.

### **Общие положения**

План внедрения навигации, основанной на характеристиках, (PBN) в воздушном пространстве Российской Федерации разработан в соответствии с резолюцией А36-23, одобренной 36 сессией Ассамблеи ИКАО в сентябре 2007 года.

План разработан на базе Руководства по навигации, основанной на характеристиках (Doc. 9613 ИКАО) с целью реализации преимуществ PBN при минимальных затратах эксплуатантов воздушных судов (ВС) и поставщиков аэронавигационного обслуживания, а также в целях интеграции Аэронавигационной системы России в региональную Европейскую и мировую аэронавигационные системы.

Внедрение полетов на основе навигации, основанной на PBN, открывает для гражданской авиации, выполняющей полеты в воздушном пространстве России, следующие возможности:

повышение эффективности полетов за счет сокращения длины маршрута и траектории захода на посадку;

повышение пропускной способности за счет сокращения пространственного разделения траекторий;

повышение безопасности полетов за счет повышения точности самолетовождения;

улучшение траекторий прибытия в аэропортах в любых метеоусловиях, а также возможность выдерживания требований по критической высоте пролета препятствий за счет использования оптимизированных траекторий полета ВС;

сокращение задержек в воздушном пространстве и аэропортах с высокой плотностью движения путем введения дополнительных параллельных маршрутов и дополнительных точек прилета и вылета в зонах аэродрома;

снижение нагрузки на диспетчерский состав и летный состав, так как при зональной навигации ВС выполняет полет по заданной траектории без вмешательства диспетчера;

снижение потребности в техническом переоснащении радиоэлектронным оборудованием ВС, поскольку PBN не предъявляет требований к оснащению ВС конкретным навигационным оборудованием;

устранение необходимости разработки процедур и схем полетов всякий раз, когда появляются новые навигационные системы, что было связано со значительными затратами;

упрощение для эксплуатантов процесса эксплуатационного утверждения путем предоставления ограниченного набора навигационных спецификаций, предназначенных для глобального использования;

снижение уровня шума над населенными пунктами.

План рассматривает вопросы, связанные с реализацией метода навигации, которые включают прогнозы интенсивности воздушного движения, готовность парка ВС, соответствие наземной инфраструктуры средств связи, навигации и наблюдения и др. вопросы.

## **1. Характеристики интенсивности воздушного движения в воздушном пространстве России**

Характеристики интенсивности воздушного движения в воздушном пространстве Российской Федерации за период 2006-2009 годы приведены в нижеследующей таблице 1.

Таблица 1.

год	Всего полетов	международные	внутренние
2006	892985	516201	376784
2007	1017090	595648	421442
2008	1094754	655398	439356
2009	987969	605387	382582

Из таблицы видно, что интенсивность полетов в воздушном пространстве Российской Федерации росла в 2007 и 2008 годах около 10% в год, что существенно больше, чем среднемировой уровень. В 2009 году интенсивность полетов снизилась, что связано с последствиями мирового экономического кризиса. Однако ожидается, что в период 2010-2011 годов интенсивность достигнет уровня 2008 года и по ряду оценок будет расти около 6 % в год на протяжении последующих 5-7 лет. Этот рост потребует модернизации инфраструктуры системы организации воздушного движения (ОрВД) и улучшений процедур ОрВД, в том числе на основе PBN.

## **2. Краткая характеристика навигационного поля Российской Федерации**

Основу навигационного поля Российской Федерации при полетах по маршрутам составляют приводные радиостанции (NDB). Также навигация осуществляется с помощью VOR и DME, как правило, установленных на совмещенных позициях, расположенных в районе аэродрома. Однако, поле VOR/DME полностью не перекрывает воздушное пространство Российской Федерации в особенности в малонаселенных и труднодоступных районах севера России. Для полетов по воздушным трассам применяется глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС).

Навигационное поле в районе аэродромов характеризуется наличием поля VOR/DME в ряде международных аэродромов, аэродромов федерального значения и аэродромах с высокой интенсивностью воздушного движения. Кроме этого, практически все аэродромы Российской Федерации оснащены NDB, расположенных на продолжении осевой линии ВПП, что позволяет осуществлять неточный заход на посадку с использованием двух NDB. Для осуществления точных заходов на посадку практически все международные аэропорты оснащены системами ILS. Кроме этого, системами ILS оснащены аэропорты федерального значения и ряд крупных аэропортов.

## **3. Использование систем навигации для реализации PBN**

### **3.1 Использование системы ближней навигации VOR/DME**

VOR/DME является угломерно-дальномерной системой, которая позволяет на борту ВС определить расстояние и направление на

месторасположение маяка. Зная координаты месторасположения VOR/DME, бортовая система управления полетом позволяет определить координаты ВС в заданной системе координат и затем рассчитать отклонение от заданной траектории полета.

Ограничение в использовании навигационной инфраструктуры VOR/DME заключается в низкой точности угломерного оборудования не более  $\pm 3^{\circ}$ , в среднем эксплуатационная точность VOR/DME составляет  $\pm 5^{\circ}$ . Если учесть погрешности средств навигации (NSE) и погрешности пилотирования (FTE), VOR/DME позволяет реализовывать требования RNAV-5 на расстояниях не более 110-115 км от места его установки.

### **3.2 Использование системы ближней навигации DME/DME**

Точность при использовании двух дальномеров DME составляет около 0,5 NM, что позволяет использовать навигационную инфраструктуру типа DME/DME для RNAV-1.

В настоящее время использование DME/DME для процедур RNAV в Российской Федерации пока не используется. Предполагается в ближайшее время установить необходимое количество DME для использования метода DME/DME в аэропортах Московской воздушной зоны (Домодедово, Шереметьево, Внуково) и ряде других крупных международных аэропортах.

### **3.3 Использование ГНСС**

ГНСС включает действующие в настоящее время космические группировки GPS и ГЛОНАСС, а также системы функциональных дополнений. Российская Федерация обладает собственным созвездием ГЛОНАСС. В 1996 Российская Федерация предложила канал стандартной точности (CSA) ГЛОНАСС для поддержки потребностей международной гражданской авиации и Совет ИКАО принял это предложение. Система ГЛОНАСС предоставлена авиационным пользователям без взимания платы за использование ее сигналов. К концу 2010 года предполагается довести группировку ГЛОНАСС до 24 спутников, что является номинальным значением. Все спутники ГЛОНАСС принадлежат ко второму поколению. Это спутники ГЛОНАСС-М, которые имеют ресурс активного существования до 7 лет и обладают улучшенными тактико-техническими характеристиками по сравнению со спутниками первого поколения. К концу 2010 года также будет обеспечен необходимый орбитальный резерв из 3-4 спутников.

В гражданской авиации Российской Федерации принята концепция совместного использования существующих орбитальных группировок GPS и ГЛОНАСС. При этом наряду с высокой точностью определения местоположения, достигается также повышение целостности, готовности и непрерывности обслуживания.

Кроме этого, в Российской Федерации принята стратегия на внедрение функционального дополнения GBAS для осуществления посадки по I категории ИКАО. К настоящему времени станции GBAS совмещенного режима ГЛОНАСС/GPS уже установлены в 9 аэропортах Российской Федерации. Ожидается, что в начале 2011 года они будут приняты в эксплуатацию и будут разработаны соответствующие процедуры и схемы

захода на посадку по I категории ИКАО по GBAS. Кроме этого, в Российской Федерации ведутся разработки в целях создания станций GBAS II/III категорий ИКАО.

В Российской Федерации также ведется разработка системы дифференциальной коррекции и мониторинга (SDCM), являющейся системой функционального дополнения типа SBAS, которая будет эксплуатироваться не ранее 2014 года.

#### **4. Выбор спецификаций PBN для реализации в Российской Федерации**

Выбор спецификаций PBN является ключевым элементом, определяющим требования к воздушному пространству и техническим средствам ОрВД.

Основными исходными данными при выборе спецификаций являются состояние парка ВС и перспективы его развития, навигационная инфраструктура и существующая нормативная правовая база.

Парк воздушных судов (ВС) отечественных эксплуатантов, совершающих полеты в пределах воздушного пространства Российской Федерации, характеризуется значительной долей ВС, которые не могут поддерживать процедуры зональной навигации. Основным средством навигации при полетах для них являются NDB, VOR и DME. Кроме этого, отдельными ВС при полетах по маршруту для навигации используется ГНСС.

Навигационная инфраструктура в Российской Федерации определяется значительным числом NDB, установленных для полетов по трассам и в аэродромной зоне. Поле, создаваемое VOR/DME, не обеспечивает сплошное перекрытие воздушного пространства России. В период 2010-2015 годов предполагается провести работы по наращиванию навигационного поля средствами VOR/DME. Однако, несмотря на это, применение RNAV на основе использования технологии DME/DME в воздушном пространстве Российской Федерации и ограничится по всей видимости аэропортами Московской воздушной зоны и рядом других международных аэропортов с интенсивным воздушным движением.

В 2011 году предполагается принять пакет нормативных документов, позволяющий использовать ГНСС для навигации ВС, как на маршруте, так и в воздушном пространстве аэродромов, что позволит внедрить процедуры RNAV, основанные на использовании ГНСС.

Внедрение PBN должно обеспечиваться соответствующей навигационной инфраструктурой, представляющей собой соответствующую комбинацию ГНСС и традиционных навигационных средств наземного базирования, и соответствующим ей бортовым навигационным оборудованием, состоящим из комбинации бортового оборудования спутниковой навигации, автономной бортовой системы навигации (например, инерциальная навигационная система) и других традиционных средств навигации.

Исходя из данных условий, представляется целесообразным внедрение на первом этапе следующих спецификаций РВН в Российской Федерации:

RNP-10 - для полетов воздушных судов по трассам зональной навигации над акваторией Северного Ледовитого океана и других открытых вод, где Российская Федерация ответственна за ОрВД, а также трассам, расположенным в удаленных континентальных районах со слаборазвитой инфраструктурой ОрВД на базе навигации, основанной на применении автономной бортовой системы навигации и ГНСС;

RNAV-5 - для полетов воздушных судов по маршрутам зональной навигации в континентальных районах на базе навигации, основанной на применении автономной бортовой системы навигации, VOR/DME, DME/DME и ГНСС;

RNAV-1 - для полетов воздушных судов по маршрутам зональной навигации в районе аэродрома на базе навигации, основанной на DME/DME и ГНСС.

## **5. Особенности при использовании стандартной системы координат WGS-84**

Переход к РВН требует использования единой геоцентрической системы координат для определения фактического местоположения ВС.

ИКАО выбрала в качестве стандартной системы координат систему WGS-84.

В Российской Федерации для целей навигации в качестве стандартной принята геоцентрическая система координат ПЗ-90.2 (AIC of the Russian Federation 04/09 from 12.02.2009).

Она практически идентична WGS-84 и отличается от нее линейными сдвигами по осям X, Y и Z. Таким образом, матрица перехода выглядит следующим образом:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{WGS-84}} = \begin{bmatrix} -0,36 \\ +0,08 \\ +0,18 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{ПЗ-90.02}}$$

Исходя из того, что разница является незначительной, то возможно использование координат WGS-84 при полетах по маршруту и в зоне аэродрома без пересчета из системы координат ПЗ-90.02. При необходимости пересчета можно воспользоваться вышеуказанной матрицей перехода. При этом точность пересчета (1 сигма) составляет 0,1 м по каждой из осей.

## **6. Основные мероприятия по внедрению РВН**

Стратегия внедрения РВН в Российской Федерации предусматривает: оценку безопасности проводимых мероприятий по внедрению RNAV и мониторинг безопасности после ее внедрения;

наличие переходного периода, в течение которого предусматривается обслуживание ВС, как оборудованных системами RNAV, так и необорудованных.

Основные мероприятия по внедрению PBN в Российской Федерации предусматривают:

- разработку ТЭО и программ внедрения процедур зональной навигации при полете по маршруту и в районах аэродромов;

- разработку руководства по построению SID/STAR и порядка их публикации в сборниках АНИ;

- допуск навигационной инфраструктуры для полетов методом RNAV по маршрутам и в районе аэродромов;

- разработку инструкции по использованию ГНСС в качестве основного средства навигации;

- проведение анализа парка ВС с целью оценки соответствия его оборудования спецификации RNAV ИКАО;

- определение требований к бортовому оборудованию ВС и разработку положения о порядке допуска ВС для полетов методом RNAV;

- разработку программ подготовки экипажей для выполнения полетов методом RNAV;

- проведение анализа средств связи, навигации и наблюдения и разработку (при необходимости) программы их модернизации для обеспечения полетов ВС методом RNAV;

- разработку требований к рабочим местам диспетчеров ОрВД для обеспечения полетов ВС методом зональной навигации;

- внесение соответствующих изменений и дополнений в технологии работы диспетчеров ОрВД, включая фразеологию радиообмена между экипажем ВС и диспетчера ОрВД, для обеспечения полетов ВС методом RNAV;

- разработку программ подготовки диспетчерского состава для обеспечения полетов ВС методом RNAV, в том числе в смешанной среде;

- разработку методики оценки заданного уровня безопасности при полетах методом зональной навигации и расчет норм эшелонирования;

- разработку процедуры допуска аэродромов для полетов ВС методом RNAV.

## **7. Интеграция зональной навигации в систему ОрВД**

Внедрение полетов методами зональной навигации потребует внесение изменений в интерфейс и дисплеи системы ОрВД для предоставления диспетчерам необходимой информации о возможностях воздушных судов.

Такие изменения могут включать:

- модификацию подсистемы планирования (FDP) автоматизированной системы управления воздушного движения;

- модификацию (при необходимости) подсистемы обработки радиолокационных данных (RDP) автоматизированной системы управления воздушного движения;

необходимые модификации отображения воздушной обстановки;  
необходимые модификации вспомогательных средств ОрВД.

Особое внимание будет уделено работе в смешанной навигационной среде.

В потенциале смешанная навигационная среда может отрицательно влиять на рабочую нагрузку диспетчера, в особенности, при большой плотности движения на маршруте или в районе аэродрома. Приемлемость смешанной навигационной среды также зависит от сложности структуры маршрутов ОрВД или маршрутов SID и STAR, а также от наличия и функциональных возможностей вспомогательных средств, используемых в системе ОрВД.

## **8. Оценка безопасности при внедрении PBN**

Методы оценки безопасности зависят от уровня вносимых в существующую систему организации воздушного движения изменений при внедрении процедур зональной навигации.

Следует разделять следующие уровни этих изменений:

введение в существующую структуру заданного воздушного пространства одного или нескольких маршрутов/траекторий зональной навигации типа RNAV. В этом случае для оценки безопасности предполагается использовать метод, основанный на анализе различия между существующей и предлагаемой системами;

полная замена существующих процедур на процедуры зональной навигации, а также изменения, связанные с сокращением норм пространственного разделения. В этом случае необходимо проводить оценку целевого уровня безопасности полетов.

При оценке безопасности предполагается широко использовать методы математического и полунатурного моделирования.

После реализации PBN необходимо осуществлять мониторинг системы, для того чтобы убедиться, что безопасность системы выдерживается, и определить, достигнуты ли стратегические цели. Если после реализации происходят непредвиденные события, необходимо незамедлительно принять корректирующие меры. В исключительных случаях это может потребовать прекращения полетов по RNAV или RNP, до тех пор, пока не будут решены конкретные проблемы.

После внедрения необходимо провести оценку безопасности системы ОрВД и собрать доказательства, свидетельствующие о том, что безопасность системы ОрВД гарантирована.

## **9. Состояние работ по внедрению PBN**

### **9.1 Состояние внедрения RNAV в воздушном пространстве России.**

Первые работы по опытной эксплуатации неточного захода на посадку по ГНСС методами зональной навигации были проведены в аэропорту города Самары.

В 2009 году начаты работы по внедрению маршрутов зональной навигации RNAV-5 на следующих участках трасс:



Норильск- Нигор;  
 Серов-Гином;  
 Тобольск-Дарно;  
 Тюмень - Нигор.

В 2008-2009 годах схемы STAR и неточного захода на посадку по ГНСС в режиме зональной навигации в аэропортах Екатеринбург (USSS), Самара (UWWW), Тюмень (USTR), Чкаловский (UUMU) и Йошкар-Ола (UWKJ) опубликованы в AIP России.

Также ведутся работы по обеспечению полетов вертолетов методами зональной навигации по ГНСС в сочетании с АЗН-В, в частности, для обслуживания работ в районах добычи углеводородов.

## **9.2 Нормативные правовые документы, разрабатываемые в РФ для реализации PBN**

В 2009 году подготовлена «Концепция внедрения PBN в Российской Федерации», которая содержит в том числе стратегию внедрения и план-график внедрения PBN, на основе которой подготовлен настоящий документ.

Кроме этого, в 2009 году разработаны следующие нормативные правовые документы:

1. Инструкция по использованию глобальной навигационной спутниковой системы в воздушном пространстве Российской Федерации.

2. Инструкция по построению схем полетов на маршруте и в районе аэродрома при использовании методов зональной навигации.

3. Дополнения и изменения в «Типовые технологии работы диспетчеров органов обслуживания воздушного движения (управления полетами) при аэронавигационном обслуживании пользователей воздушного пространства Российской Федерации».

4. Дополнения и изменения в федеральные авиационные правила «Осуществление радиосвязи в воздушном пространстве Российской Федерации».

5. Положение по подтверждению безопасности полетов при внедрении процедур зональной навигации.

6. Положение по обеспечению и выполнению полетов в районе аэродрома при прилете и вылете методом зональной навигации по спутниковой навигационной системе.

Ожидается, что эти документы будут введены в действие в начале 2011 года и будет подготовлена публикация в AIP России, содержащая эксплуатационные аспекты применения ГНСС в воздушном пространстве Российской Федерации.

В 2010-2011 годах предполагается разработать:

1. Спецификации на бортовое оборудование для полетов методами зональной навигации.

2. Порядок допуска ВС к полетам методами зональной навигации в воздушном пространстве Российской Федерации.

## **10. Краткое изложение стратегии внедрения PBN**

Стратегией внедрения PBN в Российской Федерации предусмотрено три этапа:

краткосрочный - 2009-2012 годы;

среднесрочный - 2013-2017 годы;

долгосрочный - 2018-2022 годы.

### **10.1 Краткосрочный этап внедрения PBN (2009-2012 годы)**

#### **В океаническом воздушном пространстве и удаленных континентальных маршрутах**

Обеспечение RNP-10 для полетов воздушных судов по трассам зональной навигации над акваторией Северного Ледовитого океана и других открытых вод, где Российская Федерация ответственна за ОрВД, а также трассам, расположенным в удаленных континентальных районах со слаборазвитой инфраструктурой ОрВД на базе навигации, основанной на применении автономной бортовой системы навигации и ГНСС

#### **В континентальном воздушном пространстве**

Внедрение RNAV-5 для полетов воздушных судов по маршрутам зональной навигации в континентальных районах на базе навигации, основанной на применении автономной бортовой системы навигации, VOR/DME, DME/DME и ГНСС;

#### **В районе аэродрома**

Внедрение полетов в аэропортах (до 5% немеждународных гражданских аэропортов и до 20% международных аэропортов) по SID/STAR в условиях RNAV-1 для ВС, оборудованных DME/DME и ГНСС. При этом сохраняются традиционные схемы маневрирования и обеспечивается ОрВД в смешанной среде.

#### **Заход на посадку**

Внедрение RNP APCH на основе Baro-VNAV в международных аэропортах (до 20% международных аэропортов).

При этом традиционное навигационное оборудование и традиционные схемы захода на посадку будут сохранены.

Внедрение в ряде аэропортов (до 30 аэропортов, в том числе 20 международных) точных заходов на посадку по I категории ИКАО для ВС, оборудованных аппаратурой ГНСС/GBAS.

### **10.2 Среднесрочный этап внедрения PBN (2013-2017 годы)**

#### **В океаническом воздушном пространстве и удаленных континентальных маршрутах**

Начало внедрения RNP-4 (в зависимости от темпов оснащения бортовым оборудованием, поддерживающим процедуры RNP-4) для полетов воздушных судов по трассам над акваториями Северного Ледовитого океана и других открытых вод, где Российская Федерация ответственна за ОрВД, на базе навигации, основанной на применении автономной бортовой системы навигации и ГНСС.

#### **В континентальном воздушном пространстве**

Продолжение внедрения RNAV-5 на маршрутах континентальной части воздушного пространства Российской Федерации (до 60% маршрутов)

на базе навигации, основанной на применении автономной бортовой системы навигации, VOR/DME, DME/DME и ГНСС.

#### **В районе аэродрома**

Внедрение полетов в аэропортах (до 15% немеждународных гражданских аэропортов и до 60% международных аэропортов) по SID/STAR в условиях RNAV-1 для ВС, оборудованных DME/DME и ГНСС. При этом сохраняются традиционные схемы маневрирования и обеспечивается ОрВД в смешанной среде.

#### **Заход на посадку**

Внедрение RNP APCH на основе Baro-VNAV в международных аэропортах (до 60% международных аэропортов) и на основе APV при использовании SBAS (в случае, если российская система SDCM сможет поддерживать эти процедуры).

При этом традиционное навигационное оборудование и традиционные схемы захода на посадку будут сохранены.

Внедрение в ряде аэропортов (до 70 аэропортов, в том числе 50 международных) точных заходов на посадку по I категории ИКАО для ВС, оборудованных аппаратурой ГНСС/GBAS.

#### **Обслуживание вертолетов**

Допуск к полетам по маршруту, маневрированию в районе аэродрома/посадочной площадки и захода на посадку в условиях RNAV-1, оборудованных ГНСС, а также точного захода на посадку вертолетов, оборудованных ГНСС/GBAS.

Развертывание инфраструктуры АЗН-В в качестве средства наблюдения в местах интенсивных полетов вертолетов, в том числе в районах добычи углеводородов.

### **10.3. Долгосрочный этап внедрения PBN (2018-2022 годы)**

Этот период характеризуется полным развертыванием инфраструктуры ГНСС в воздушном пространстве Российской Федерации.

#### **В океаническом воздушном пространстве и удаленных континентальных маршрутах**

Завершение перехода на RNP-4 для полетов воздушных судов по трассам над акваториями Северного Ледовитого океана и других открытых вод, где Российская Федерация ответственна за ОрВД, на базе навигации, основанной на применении автономной бортовой системы навигации и ГНСС.

#### **В континентальном воздушном пространстве**

Завершение внедрения RNAV-5 на маршрутах континентальной части воздушного пространства Российской Федерации (до 100% маршрутов) на базе навигации, основанной на применении автономной бортовой системы навигации, VOR/DME, DME/DME и ГНСС.

Частичный переход от RNAV-5 к RNAV-2 в воздушном пространстве с высокой интенсивностью воздушного движения.

Сокращение трасс, используемых ВС, не оборудованных системами RNAV.

**В районе аэродрома**

Внедрение полетов в аэропортах (до 50% немеждународных гражданских аэропортов и до 100% международных аэропортов) по SID/STAR в условиях RNAV-1 для ВС, оборудованных DME/DME и ГНСС. При этом в ряде случаев традиционные средства навигации не восстанавливаются и, таким образом, происходит отказ от традиционных схем маневрирования.

**Заход на посадку**

Внедрение RNP APCH на основе Baro-VNAV в международных аэропортах (до 100% международных аэропортов, где это необходимо) и на основе APV при использовании SBAS (в случае, если российская система SDCM сможет поддерживать эти процедуры).

Внедрение в ряде аэропортов (до 100 аэропортов, в том числе все международные) точных заходов на посадку по I категории ИКАО для ВС, оборудованных аппаратурой ГНСС/GBAS, начало внедрения заходов на посадку по II/III категориям ИКАО с использованием GBAS.

При этом в ряде случаев традиционные средства навигации не восстанавливаются и, таким образом, происходит отказ от традиционных схем захода на посадку

Начало внедрения заходов на посадку типа RNP AR APCH.

**Обслуживание вертолетов**

Широкое использование ГНСС совместно с АЗН-В для обслуживания вертолетов на всех этапах полета.