

УДК 621.396.98

**В. П. Бабак<sup>1</sup>, Я. И. Скалько<sup>2</sup>, В. П. Харченко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Національний авіаційний університет

<sup>2</sup>Департамент авіаційного транспорту України

**Основные направления внедрения  
спутниковых технологий  
для повышения эффективности движения  
воздушного транспорта в Украине**

---

Розглянуто основні напрямки запровадження супутникових систем для розв'язування функціональних задач організації повітряного руху. Виділено основні методологічні принципи формування національного плану розвитку систем інформаційного забезпечення польотів.

---

Технологии и аппаратура спутниковых систем все более массово используются практически во всех областях деятельности человека, и особенно там, где требуется точное местопределение, мониторинг и управление подвижными объектами. Спутниковые радионавигационные системы GPS и ГЛОНАСС, а в скором времени и системы нового поколения типа GALILEO, в комплексе с наземными, космическими и бортовыми функциональными дополнениями становятся в соответствии с историческими решениями ИКАО основными средствами навигации и управления даже в такой критической по требованиям безопасности отрасли, как воздушный транспорт.

В 1991 г. Десятая аэронавигационная конференция одобрила Концепцию развития аэронавигации, разработанную Специальным комитетом по будущим аэронавигационным системам (FANS) [1]. Концепция FANS, под которой понимают системы связи, навигации, наблюдения и организации воздушного движения (CNS/ATM), включает в себя комплексный и взаимосвязанный перечень технических средств на основе использования спутников и компьютеризованных средств. Основой системы CNS/ATM является глобальная навигационная спутниковая система GNSS, которая включает созвездия спутников, бортовые приемники и средства контроля целостности, системы с дополнениями, в зависимости от решаемых задач, оборудованием на спутниках связи, земле и на бортах воздушных

судов, что позволяет значительно повысить точность измерения координат, обеспечить целостность данных и непрерывность обслуживания. Отличительной особенностью системы являются также единый отсчет времени. Данная концепция получила поддержку в широком экономическом исследовании, из которого следует что:

а) новые системы обеспечивают очевидные технологические преимущества;

б) получаемые выгоды в глобальном масштабе значительно превышают расходы, связанные с внедрением новых технологий.

Несмотря на доказательность того, что внедрение будущих аэронавигационных систем на глобальном уровне является эффективным с точки зрения затрат, все же необходимо иметь больше информации о результативности внедрения этих систем как на региональном, так и на национальном уровнях. Исходя из этого государствам предложено провести собственный анализ целесообразности затрат и/или анализ затрат/выгод [2]. Безусловно, что наиболее полное представление о целесообразности внедрения новых систем дает исследование эффективности национальной аэронавигационной системы.

Следует иметь в виду, что оценка эффективности национальной аэронавигационной системы производится с учетом ее реакции на внедрение новой высокотехнологичной информационной системы CNS, изменения технологической составляющей аспекта организации воздушного движения ATM

при условии обеспечения гарантированного уровня безопасности полетов. В математическом аспекте это сводится к постановке и решению многокритериальной оптимизационной задачи.

В инструктивных материалах ICAO проблема внедрения системы CNS/ATM рассматривается на экономическом уровне. В этих материалах основное внимание уделено главным образом методам определения затрат по эксплуатации действующих и новых систем, а также влиянию этих двух видов систем на затраты, связанные с эксплуатацией воздушного судна. Показатели жизнеспособности проектного варианта основаны на сравнении с затратами на эксплуатацию действующих систем без перехода к новым технологиям (базовый вариант).

Поэтапное внедрение элементов новых систем CNS/ATM в рамках глобального плана позволяет эксплуатантам воздушных судов получить в короткие сроки преимущества эксплуатационного и экономического характера с учетом удовлетворения требований по безопасности полетов. Выгоды от внедрения таких высокотехнологических систем включают сокращение затрат, связанных с выводом из эксплуатации действующих наземных средств. Для аэронавигационной системы Украины это важно, поскольку многие средства выработали свой ресурс, а некоторые из них не соответствуют международным стандартам. Освободив воздушные суда от зависимости от наземных навигационных систем, глобальная навигационная система позволяет использовать более прямые маршруты через Украину. Замена традиционных радиотехнических средств обслуживания воздушного движения на глобальную систему CNS/ATM позволяет сэкономить на поддержании аэронавигационной инфраструктуры и техническом обслуживании средств обеспечения полетов.

На рис. 1 в обобщенном виде перечислены прямые и косвенные факторы, которые определяют эффективность новой системы.

Преимущества от внедрения спутниковых систем могут быть получены, если изготовители оборудования, авиакомпании и национальные администрации регионов скоординируют действия на уровне программ и планов развития аэронавигационной инфраструктуры, а также технологии ее применения. Кроме того, необходимо объединение усилий для производства наземного, бортового и спутникового оборудования; своевременного его ввода в эксплуатацию; разработки стандартов и процедур использования аппаратуры.

Внедрение новых систем CNS/ATM сопряжено с большими трудностями и предусматривает целый пакет инвестиций. Однако те, кто будет финанси-



Рис. 1. Факторы, определяющие эффективность новой системы

ровать такие проекты, должны быть убеждены в том, что в течение разумного времени эти расходы будут возмещены. Из этого следует необходимость четкой координации работ по внедрению элементов спутниковых систем на национальном и региональном уровнях. Необходимо своевременно создать соответствующие организационные структуры для внедрения, развития и поддержания проектного варианта системы.

Строгий метод определения эффективности новой системы базируется на определении показателей экономической эффективности и показателя уровня безопасности полетов. Методология опреде-

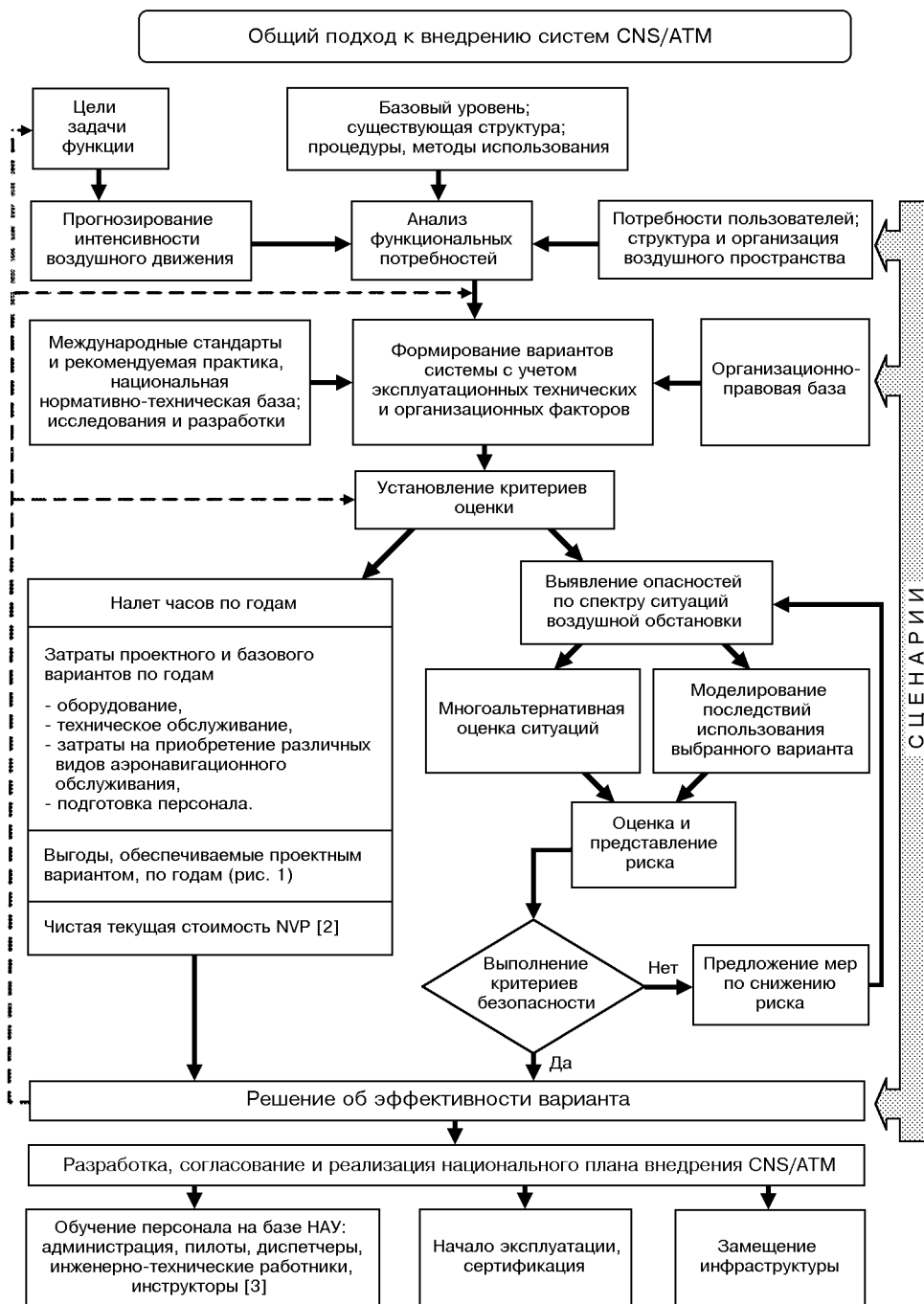


Рис. 2. Методология определения показателей эффективности и уровня безопасности полетов

ления этих показателей представлена на рис 2.

Используемый ICAO метод определения показателя предлагаемой экономической эффективности проекта CNS/ATM основан на оценке чистой текущей стоимости NPV [2].

Базовый вариант включает ныне действующие средства и связанные с ними затраты на техническое обслуживание, подготовку персонала и другие виды деятельности для поддержания инфраструктуры на расчетный период до 2015 г. Проектный

вариант предусматривает инвестиции и затраты, связанные с внедрением системы CNS/ATM в течение этого же периода времени. Они учитывают затраты на эксплуатацию как усовершенствованных систем, так и старых систем при условии их использования в проектом варианте. Кроме того, в проектом варианте учитываются выгоды в соответствии с рис. 1.

Поскольку концепция CNS/ATM предлагает различные альтернативные варианты, основанные на вполне определенном типе оборудования для выполнения различных функций, то проектный вариант включает в себя ряд сценариев. Различия между этими сценариями обусловлены конкретными типами оборудования, используемыми для связи «воздух — земля», навигации и наблюдения [1, 2, 4, 5].

В качестве исходных вариантов систем связи «воздух — земля», которые отличают сценарии один от другого выбираются:

а) ОВЧ-линии передачи данных (или VDL), используемые для передачи речевой информации и данных;

б) авиационная подвижная спутниковая служба (AMSS), которая также используется для передачи речевой информации и данных;

в) канал передачи данных S BOPJ.

Типы связи «земля — земля» также характеризуют вид сценариев. В этом случае предполагается, что основной объем регулярной связи между наземными авиационными пользователями и системами будет представлять собой обмен данными. Такой обмен данными между метеорологическими органами, службами аэронавигационной информации, подразделениями обслуживания воздушного движения и др. может представлять:

а) обмен сообщениями произвольного содержания;

б) обмен стандартизированными информационными сообщениями с возможными текстовыми добавлениями;

в) автоматизированный обмен данными между компьютеризированными системами.

Навигационные средства также определяют ряд сценариев. При этом в первую очередь необходимо учитывать концепцию требуемых навигационных характеристик RNP для условий зональной навигации. RNP основываются на сочетании погрешностей навигационного датчика, погрешности бортового приемника, погрешности отображения данных и погрешности, обусловленной техникой пилотирования. Типы RNP для этапов захода на посадку, посадки и вылета определяются в показателях требуемой точности, целостности, непрерывности и

готовности навигационного оборудования.

Для определения свойственных спутниковым системам ограничений и выполнения требований к характеристикам обслуживания (точность, целостность, готовность и непрерывность) на всех этапах полета должны использоваться различного рода функциональные дополнения: бортовые, наземные и спутниковые.

В сценариях навигационных средств предполагается, что такое оборудование, как ОВЧ- радиомаяки VOR, радиомаяки NDB и системы посадки по приборам (ILS) в дальнейшем не будут устанавливаться, а имеющиеся в настоящее время будут постепенно сниматься с эксплуатации.

Для систем наблюдения альтернативными вариантами являются моноимпульсные вторичные обзорные радиолокаторы режимов А, С, S и системы автоматического зависимого наблюдения, основанные либо на VDL, либо на AMSS. Система организации воздушного движения (ATM), которая учитывается во всех сценариях, основывается на существующей системе управления воздушным движением (УВД) и функционально дополняется средствами автоматизированной и интеллектуальной поддержки УВД, которые с передачей данных по линии связи «диспетчер — пилот» (CPDLC) выполняют часть постоянных обязанностей диспетчеров. Результатом является снижение рабочей нагрузки диспетчеров, что позволяет им обслуживать большее количество воздушных судов и увеличивать пропускную способность системы управления воздушным движением (УВД).

Определение безопасности проектируемой системы заключается в оценке риска столкновения и последующем сравнении его с предварительно установленным максимально допустимым риском столкновения (рис. 2). Если расчетный риск ниже максимально допустимого риска, и это условие выполняется для всего установленного срока службы новой системы, то проектируемая система может считаться безопасной. Параметры системы, оказывающие наибольшее влияние на риск столкновения делятся на четыре основные группы:

- структура и организация воздушного пространства;
- сближение воздушного судна с другими воздушными судами;
- навигационные характеристики;
- влияние характеристик системы наблюдения и связи.

Построенная в Национальном авиационном университете математическая модель позволяет учитывать названные факторы и на основе многоальтернативного анализа оценивать качество новой систе-

мы. При этом учитываются как ошибки оператора, так и системные отказы. К выявляемым опасностям прежде всего относится нарушение норм эшелонирования, несогласованность действий летных экипажей и диспетчеров УВД и т. п. К особенностям анализа опасностей относится необходимость оценки редких событий и соответствующего спектра ситуаций воздушной обстановки. С помощью моделей последствий определяется расчетная вероятность столкновений при условии заданного разделения смежных линий пути.

Определение расчетного риска включает объединение рисков столкновения в результате каждой из выявленных опасностей с целью определения расчетной величины общего риска. Если расчетная величина общего риска превышает предварительно установленную пороговую величину, то принимаются меры (предлагаются мероприятия), направленные на снижение риска. Многоальтернативная оценка качества системы позволяет упростить и гарантировать выявление эффективных процедур снижения риска. При этом обеспечивается возможность прямого анализа влияния изменений на различные характеристики системы CNS/ATM.

Повышение эффективности движения воздушного транспорта в Украине путем внедрения новых спутниковых технологий представляет собой комплексную задачу. Ее решение предполагает варьирование многими переменными, среди которых следует выделить:

- оптимизацию структуры системы аэронавигационного обслуживания;
- изменение уровня обслуживания воздушного движения;
- изменение структуры и организации воздушного пространства;
- установление более высоких уровней требуемых навигационных характеристик;
- улучшение возможностей систем связи;
- улучшение возможностей систем наблюдения;
- развертывание сети станций с локальной зоной действия;
- внедрение средств организации воздушного движения;
- внедрение многоальтернативных анализаторов и прогнозаторов конфликтных ситуаций.

При этом повышение эффективности полетов достигается в основном за счет:

- точной зональной навигации с использованием спутниковых систем, позволяющих реализовы-

вать концепцию сокращенного эшелонирования и обеспечить более результативную структуру прямых маршрутов, а также оптимизировать профили набора высоты и снижения;

- сокращения рабочей нагрузки диспетчера в результате постепенного внедрения новых автоматизированных функций, использующих сообщения из линий передачи данных CPDLC;
- использование спрямленных траекторий полетов в аэроузловой зоне, при заходе на посадку и взлете;
- комплексирования данных системы автоматического зависимого наблюдения (ADS, ADS-B) и радиолокаторов как первичных, так и вторичных. Это позволит повысить точность, готовность, целостность и непрерывность обслуживания.

Структурная реорганизация системы аэронавигационного обслуживания Украины определяется национальной программой и планом внедрения технологии CNS/ATM, разработка которых завершается. Отдельные элементы системы CNS/ATM постепенно внедряются в Украине. Примером этого служит внедрение спутниковой авиационной связи.

1. Доклад Десятой аэронавигационной конференции // Doc 9583, AN-CONF/10, ICAO. — Монреаль, 1991.
2. Доклад Специального комитета по контролю и координации разработки и планированию перехода к будущей системе аэронавигации (FANS — этап II) // Четвертое совещание. Doc 9623, FANS(II)/4, ICAO. — Монреаль, 1993.
3. Харченко В. П. Майбутні аерокосмічних інформаційних систем і керування транспортом // Вісник Київ. міжнар. ун-ту цивільної авіації.—1999.—№ 2.—14 с.
4. Air Traffic Management Strategy for 200+. — November, 1998.—Vol. 1—2.
5. Babak V. P. Trainer methodology realization in the process of training specialists for CNS/ATM operation // Report of the Eight Global TRAINAIR Conf. and Training Symp. Madrid, Spain, 25—29 September 2000.

#### MAIN DIRECTIONS OF SATELLITE TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION TO INCREASE THE EFFECTIVENESS OF UKRAINIAN AIR TRANSPORT MOTION

V. P. Babak, Ya. I. Skal'ko, V. P. Kharchenko

The principal directions of the satellite systems implementation to decision the functional tasks of the air motion organization are considered. The main methodological principles of the national plan formation to develop the systems of the informational ensuring of flights are distinguished.