

УДК 004.056.345

А.А. Замула<sup>1</sup>, А.В. Северинов<sup>2</sup>, В.И.Черныш<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Харьковський національний університет радіоелектроніки, Харків

<sup>2</sup> Харьковський університет Воздушних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

<sup>3</sup> Государственное предприятие обслуживания воздушного движения Украины, Харків

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

*Проведен анализ процессов автоматизации обслуживания воздушного движения. Рассмотрена онтология автоматизации процессов обслуживания воздушного движения. Обоснованы причины автоматизации и внедрения автоматизированных систем управления воздушным движением в аэродромных и районных диспетчерских центрах. Проанализированы функции, состав и принцип построения автоматизированных систем управления воздушным движением. Определены направления дальнейших исследований.*

**Ключевые слова:** автоматизация, автоматизированные системы управления воздушным движением, обслуживание воздушного движения.

### Введение

Автоматизация – это высший этап в развитии техники, для которого характерным является осуществление производственных, управленческих и других процессов без непосредственного участия в них человека.

При автоматизации процессы сбора (получения), преобразования (обработки) и использование информации выполняются автоматически. Процесс управления предусматривает наличие объекта управления (объекта, которым управляют) и управляющего объекта (объекта, который осуществляет управление).

В зависимости от степени автоматизации системы управления выделяют автоматические системы управления, которые функционируют без участия человека в процессе управления, и автоматизированные системы управления, в которых часть функций управления выполняет человек-оператор.

Автоматизированная система – совокупность объекта, которым управляют, и автоматических устройств, которые управляют, при этом часть функций управления выполняет человек-оператор [1]. В автоматизированных системах основными функциями автоматических устройств являются:

- 1) сбор информации из объекта управления;
- 2) передача информации;
- 3) преобразование и обработка;
- 4) формирование команд управления и их выполнение на объекте, которым управляют (другими словами, те функции, которые легче всего подвергаются формализации).

Человек-оператор определяет цель и критерии управления и корректирует их при изменении условий.

### Онтология автоматизации процессов организации воздушного движения

Автоматизированные системы управления воздушным движением (АС УВД) являются естественным этапом развития технических средств, использовавшихся в этой области. От других широко распространенных в технике средств автоматизации АС УВД с самого начала отличались тем, что их целью была передача техническим средствам функций, а не выполнение отдельных операций. В связи с этим уже первые АС УВД должны были обладать высокой степенью сложности, так как были призваны исполнять цепочки действий, заменяя, таким образом, авиадиспетчеры службы обслуживания воздушного движения (ОВД).

Эти функции включали различные этапы обработки информации о воздушной обстановке и реализовывались в виде некоторых алгоритмов, т. е. определенных предписаний.

Термин «алгоритм» применен здесь не в строгом математическом смысле, тем не менее ясно, что немислимо проводить автоматизацию в области ОВД без использования вычислительной техники достаточно высокой мощности, адекватной сложности решаемых задач.

Рассмотрим специфические особенности деятельности авиадиспетчера при ОВД. Это поможет глубже разобраться в существе дела, а именно в автоматизации процессов ОВД.

Авиадиспетчер, как правило, выполняет следующие функции:

- 1) наблюдение — получение информации о воздушной обстановке и первичное оценивание данных измерений;

2) анализ данных — оценка их достоверности, идентификация, классификация и оценка параметров движения каждого воздушного судна (ВС);

3) обобщение — формирование общей картины воздушной обстановки;

4) оценивание — распознавание опасных ситуаций; отклонений от плановой траектории, потенциально конфликтных ситуаций, опасных сближений и т. д.;

5) выработка решений — рассмотрение возможностей разрешения стандартных и нестандартных ситуаций;

6) передача команд на ВС. контроль правильности их получения и исполнения.

Особенности указанных функций этого таковы:

1) функции и входящие в них операции выполняются последовательно;

2) последовательность действий имеет циклический характер;

3) все операции выполняются в реальном масштабе времени.

С ростом интенсивности и плотности воздушного движения (ВД), появлением высокоскоростных ВС большой пассажироместимости нагрузка авиадиспетчера возрастает настолько, что существенно повышается вероятность принятия им ошибочного решения или пропуск (несвоевременное обнаружение) опасных ситуаций. Простое увеличение количества авиадиспетчеров не дает желаемого результата, так как увеличиваются объем и интенсивность обмена информацией между ними. Единственный выход заключается в передаче части функций авиадиспетчера вычислительной системе. При этом возникает вопрос о степени автоматизации.

В любой области существует некоторая рациональная степень автоматизации производственных процессов, начиная от автоматизации отдельных операций и заканчивая построением полностью АС, в работе которых функции человека ограничиваются лишь контролем и может быть, заданием режима работы.

В зоне управления авиадиспетчера находится, как правило, не одно, а множество ВС. С увеличением их числа сложность управления, связанная прежде всего с возникновением опасных ситуаций, растет не по линейному, а по экспоненциальному закону [1 – 3].

Сравнивая с условиями работы пилота на борту воздушного судна, можно утверждать, что при прочих равных условиях, авиадиспетчеру приходится вмешиваться в процесс управления значительно чаще, чем пилоту.

Это означает, что даже при наличии в АС УВД мощного вычислителя, взявшего на себя все

функции обработки информации, вплоть до выработки решений в типовых ситуациях, при возникновении нестандартной ситуации (вероятность которой также возрастает экспоненциально) авиадиспетчеру приходится вмешиваться в процесс управления.

Сократить число нестандартных ситуаций, для которых не рассчитаны алгоритмы управления, возможно, если пойти по известному пути создания адаптивных экспертных систем. Они, однако, предполагают выработку новых алгоритмов (стратегий) в процессе работы (самообучения), что неприемлемо в реальных условиях функционирования системы обслуживания воздушного движения, так как не гарантирует от принятия ошибочных решений.

### **Функции, состав и принцип построения автоматизированных систем управления воздушным движением**

Системы обработки и воспроизведения данных ОВД [1], обеспечивают полную автоматизацию служб диспетчерского обслуживания и управления воздушным пространством для операционных и учебных целей в аэродромном диспетчерском центре обслуживания воздушного движения.

Операционной целью этих систем является повышение безопасности полетов путем предоставления авиадиспетчерам информации о ВД от радиолокационных экстракторов, данных планов полетов, смежной координации, аэронавигационной и метеорологической информации.

Цель систем обработки и воспроизведения информации ОВД в оперативном задании – это оказание помощи персоналу обслуживания воздушного движения. Системы выполняют следующие функции:

1) сбор и объединение радиолокационных данных для представления авиадиспетчерам информации о текущей ситуации движения;

2) сбор и распределение полетных данных и треков, обмен данными между смежными центрами организации воздушного движения (ОрВД) для выполнения автоматической координации полетов и экспорта данных к внешним системам;

3) консультативная функция и функция предупреждения;

4) сопровождение информации о состоянии окружающей среды (аэронавигационная и метеорологическая);

5) запись данных и архивирование для воспроизведения в случае происшествия.

Архитектура АС УВД обеспечивает полную готовность к обеспечению функций обслуживания

воздушного движения и функции отказоустойчивости с помощью:

- 1) дублирования серверов;
- 2) дублирование локальных сетей;
- 3) распределенная обработка радиолокационных данных, находящихся на рабочих станциях (в режиме by-pass);
- 4) надежное высокопроизводительное оборудование;
- 5) надежные программные алгоритмы, содержащие процедуры самовосстановления.

Аппаратная и программная части АС УВД основываются на стандартных интерфейсах, которые обеспечивают открытую архитектуру системы. Это позволяет обеспечивать наращивание мощности системы в будущем.

Чтобы достичь цели наращивания мощности, АС УВД должны соответствовать требованиям совместимости локальных вычислительных сетей (ЛВС) с характеристиками ISO / OSI (Международная Организация по стандартизации в области взаимодействия открытых систем).

АС УВД должны отвечать требованиям внутренних стандартов Евроконтроля и ИКАО [4-6], а также руководящим указаниям в сфере обслуживания воздушного движения [7]. Данная система предлагает использование новейших технологических достижений для ОВД и содержит в себе характеристики, полученные в результате исследований, проведенных Евроконтролем относительно интерфейса «Человек - Машина» для авиадиспетчеров воздушного движения [1].

АС УВД предусматривает взаимодействие с различными типами форматов радиолокационных, систем зависимого наблюдения и данных многопозиционных систем наблюдения для ОВД. АС УВД использует новейшие технологии в сфере управления воздушным движением, а именно, координацию между центрами посредством протоколов OLDI [6].

В общем смысле, в состав АС УВД входит группа вычислительных подсистем, состоящих из различного аппаратного обеспечения и периферийных устройств для обработки данных и связи.

Все подсистемы предлагается объединить друг с другом и сформировать единую полнофункциональную систему. Интеграция подсистемы выполняется посредством подключения к ЛВС.

Реализация ЛВС поможет обеспечить возможность расширения системы, а также обновление и замену аппаратного обеспечения.

Все элементы операционной системы будут организованы на основе дублирования ЛВС.

Состав АС УВД:

- 1) главное технологическое оборудование;
- 2) рабочие места авиадиспетчеров;

- 3) средства мониторинга и управления системой (рабочее место инженера);
- 4) вспомогательное оборудование.

**Состав главного технологического оборудования:**

- 1) модулей компрессии радиолокационных данных (RDCU);
- 2) сервера обработки данных наблюдения (SDP);
- 3) сервер обработки полетных данных (FDP).

**Модули компрессии радиолокационных данных (RDCU)** дают возможность получать радиолокационные, данные от зависимых систем наблюдения, данные от многопозиционных систем наблюдения, метеорологическую картину, радиопеленгаторные информационные сообщения от экстракторов на местах и наземных станций, конвертируя и рассылая их в системе через дублированную ЛВС OP-SYS.

При помощи формата передачи радиолокационных данных ASTERIX [5], модули компрессии радиолокационных данных высвобождают все системные функции, которые поддерживают любой другой радиолокационный формат передачи данных.

Каждый модуль RDCU имеет возможность обрабатывать 48 входных линий последовательной обработки данных (радиолокационных, данных от зависимых систем наблюдения, данных от многопозиционных систем наблюдения и радиопеленгаторов), 2 входных порта ЛВС, 2 панели Ethernet для подключения к дублированной ЛВС. Такую пропускную способность можно расширить за счет использования дополнительных модулей RDCU.

Специальный модуль RDCU TRK имеет возможность получать и отправлять системные треки от/до внешних пользователей, задействованных в наблюдении, и систем, посредством подключения к ЛВС.

**Сервер обработки радиолокационных данных (SDP)** представляет собой устройство отслеживания (трекер) и позволяет системе реализовывать следующие подфункции:

- 1) обработка монорадарных данных (PSR, MSSR, MSSR / PSR, SSR Режим S, Режим-S/PSR, MLAT, ADS-B, Погода), полученных от различных радиолокаторов / ADS-B/MLAT через RMCDE / RDCU шлюз, выполняя монорадарное и мультирадарное наблюдение;
- 2) осуществление контроля качества данных радиолокатора в режиме реального времени;
- 3) распространение мультирадарных треков и плотов другим системным функциям и внешним пользователям.

**Сервер обработки полетных данных (FDP)** обеспечивает реализацию следующих системных функций:

- 1) получение и обработка AMHS/AFTN/IFPS (форматы ICAO и ADEXP [6], произвольный текст, передача сообщений SVC в ручном и автоматическом режимах);
- 2) проверка и обработка планов полета, введенных с AMHS / AFTN / IFPS или рабочих станций авиадиспетчеров;
- 3) анализ маршрутов плана полета, расчет траектории полета и расчетного времени;
- 4) оценка кодов SSR и управления ORCAM;
- 5) назначение процедур SID и STAR;
- 6) распространение планов полета на рабочие станции и смежных центры ОВД;
- 7) координация OLDI между центрами;
- 8) управление базой данных системного плана полета (SFPL);
- 9) управление базой данных повторяющегося плана полета (RPL);
- 10) генерация и передача сообщений AMHS / AFTN / IFPS;
- 11) корректировка планов полета с помощью серверов обработки радиолокационных данных (SDP);
- 12) выявление и идентификация потенциальных конфликтов при стандартном эшелонировании (среднесрочное предупреждения о конфликте, MTCD) и сокращенном вертикального эшелонировании (MTCD RVSM) планов полета в тех районах, где такие функции являются активированными;
- 13) идентификация планов полета как «Полет с RVSM», «Полет с 8.33»;
- 14) планирование потоков;
- 15) управление метеорологической (MET) и аэронавигационной (AIS) информацией.

#### **Рабочие места авиадиспетчеров состоят из:**

- 1) рабочих мест авиадиспетчеров радиолокационного и процедурного контроля;
- 2) рабочих мест операторов по обработке полетных данных.

**Интерфейс авиадиспетчера радиолокационного и процедурного контроля (SDD)** обеспечивает следующие функциональные возможности:

- 1) отображение данных: географические данные (например, карты), радарные треки и плоты, радиолокационные погодные данные, данные и списки плана полета, данные конфликтов и предупреждений (STCA, MSAW, APW, MTCD, и т.д.), данные о состоянии окружающей среды (аэронавигационные и метеорологические), информация о статусе системы и др.;

2) обработка и отображения информации полученной от радиопеленгаторов;

3) управление окнами, выбор режима работы дисплея, управления дисплеем, выбор фильтров отображения, представление блока данных, выбор отображения карты;

4) функции контроля представления информации (диапазон, смещение относительно центра, фильтры, RBL и т.д.), а также контроль представления треков, включая историю траектории, отметка о текущем местоположении, подписи данных, линия прогнозируемого трека и т.д.;

5) поддержка координации OLDI со смежными центрами;

6) доступ к базе данных плана полета (поиск, создание, модификация, отмена);

7) запись последних 24 часов трафика (треки, планы полета, статус отображения).

Погодная информация обрабатывается локально на каждом рабочем месте, что позволяет авиадиспетчеру визуализировать данные метеорологического радиолокатора. Данная погодная информация обрабатывается от метеорологического радиолокатора.

**Интерфейс оператора по обработке полетных данных (FDD)** обеспечивает реализацию следующих функциональных возможностей:

- 1) обработка сообщений о планах полета AMHS/AFTN/IFPS;
- 2) доступ к базе данных плана полета (SFPL) (поиск, создание, модификация, отмена);
- 3) доступ к базе данных повторяющегося плана полета (RPL) (поиск, создание, модификация, отмена);
- 4) введение метеорологической (MET) и аэронавигационной (AIS) информации;
- 5) редактирование сообщений AMHS / AFTN / IFPS, которые передаются к внешним центрам;
- 6) отображение списков движения (Планирование потоков);
- 7) распечатка графиков перегрузки (Планирование потоков);
- 8) распечатка входящих и исходящих AFTN / IFPS сообщений;
- 9) коррекция NOTAM - сообщений;
- 10) доступ к базе данных NOTAM (поиск, создание, модификация, отмена, распечатка);
- 11) введение динамических районов ограничений;
- 12) управление ограничениями потока и слотами;
- 13) отображение и управление статусом линий AFTN;
- 14) постраничное отображение информации (PIP).

**Рабочее место инженера (СМД)** – интерфейс компьютера контроля системы (СМС), который используется для технического и операционного контроля. СМС обеспечивает реализацию следующих функциональных возможностей:

- 1) мониторинг статуса всего оборудования системы (серверы, рабочие станции, линии связи, ЛВС и т.д.);
- 2) визуализация и назначения секторов;
- 3) отображение статистики полученных сообщений;
- 4) физическая и операционная конфигурации;
- 5) модификация переменных системных параметров (VSP);
- 6) отображение и распечатка системных сообщений;
- 7) прием сигналов точного времени от главных часов с целью синхронизации с другими элементами системы.

## Выводы

Автоматизированная система управления и это комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса, производства, предприятия. С ростом интенсивности воздушного движения, появлением высокоскоростных воздушных судов появилась необходимость разработки и внедрения автоматизированных систем управления воздушным движением, целью которых было повышение безопасности полетов.

В статье проведен анализ проблемы автоматизации процессов ОВД. Рассмотрены состав, функции и принцип построения автоматизированной системы управления воздушным движением.

Направление дальнейших исследований связано с проведением анализа проблем обеспечения

информационной безопасности в автоматизированных системах управления воздушным движением.

## Список литературы

1. Ахмедов Р.М. Автоматизированные системы управления воздушным движением / Р.М. Ахмедов, А.А. Бибутов, А.В. Васильев – М.: Политехника, 2004. – 446 с.
2. Кулик Н.С. Энциклопедия безопасности авиации / Н.С. Кулик, В.П. Харченко, М.Г. Луцкий и др.; Под ред. Н.С. Кулика – К.: Техника, 2008. – 1000 с.
3. Биковець І.С. Захист інформації в системі організації повітряного руху / І.С. Биковець, В.О. Клименко, С.Г.Кравцов, Ю.А. Чередніченко та ін.. – К.: ДП ОІПР України, 2008. – 235 с.
4. Материалы XI аэронавигационной конвенции ИКАО. – Монреаль. – 2003. – 118 с.
5. Жуков И.А. Способы повышения надежности и безопасности сбора информации в системах управления реального времени / И.А. Жуков, В.И. Дровозов // Проблемы информатизации та управління: Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2008. – Вып. 1(23). – С. 263–277.
6. ICAO Doc 9965, Manual on Flight and Flow – Information for a Collaborative Environment, FF-ICE concept document.
7. Автоматизированные системы управления воздушным движением/ Под ред. В.И. Савицкого. – М.: Транспорт. 1986. – 192с.
8. Концепция розвитку цивільної авіації України. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 28 грудня 1996 р. № 1587
9. Проблеми впровадження концепції авіаційного зв'язку, навігації та спостереження організації повітряного руху (CNS/ATM). Інформаційний бюлетень 16 / В.О. Клименко, В.С. Дем'янчук, І.С. Биковцев, Ю.М. Юр'єв . – К.: НАУ, 2001.-160 с.

Поступила в редколлегию 5.03.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. И.Д. Горбенко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ

О.А. Замула, О.В. Северінов, В.І. Черниш

*Проведено аналіз процесів автоматизації обслуговування повітряного руху. Розглянуто онтологія автоматизації процесів обслуговування повітряного руху. Обґрунтовано причини автоматизації та поза-дрен автоматизованих систем управління повітряним рухом в аеродромних і районних диспетчерських центрах. Проаналізовано функції, склад і принцип побудови автоматизованих систем управління повітряним рухом. Визначено напрямки подальших досліджень.*

**Ключові слова:** автоматизація, автоматизовані системи управління повітряним рухом, обслуговування повітряного руху.

## AUTOMATING THE PROCESS OF AIR TRAFFIC MANAGEMENT

A.A. Zamula, A.V. Severinov, V. I. Chernysh

*Analysis of the process automation of air traffic services. Considered ontology automation of air traffic services. Justified reasons for automation and the introduction of automated air traffic control systems in the airport and area control centers. Analyzed the functions, composition and design of automated air traffic control systems. The directions for further research.*

**Keywords:** automation, automated air traffic control systems, air traffic services.