

УДК 629.735.015:681.3

## АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА КОНЦЕПЦИИ ОБЩЕСИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИЕЙ

И.Ю. АГАФОНОВА, В.В. ЛАВИНА, Л.Е. РУДЕЛЬСОН

Обсуждаются теоретические проблемы компьютерного обеспечения концепции общесистемного управления информацией, выдвинутой экспертами международной организации гражданской авиации. В рамках ее положений формулируются новые требования к этапам процесса организации воздушного движения, предваряющим непосредственное управление полетами. Анализируются также алгоритмические средства для поддержания бесконфликтности сводного плана использования воздушного пространства в ходе его выполнения.

**Ключевые слова:** общесистемное управление информацией, совместная организация потоков воздушного движения, коллективное принятие решений, метод потенциальных полей, децентрализованное управление.

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие систем организации воздушного движения (ОрВД) происходит в условиях возрастания спроса на услуги воздушных перевозок и, как следствие, превышения интенсивности полетов воздушных судов (ВС) над заявленной пропускной способностью (ПС) элементов воздушного пространства (ВП). Ведущие авиационные державы поставили целью к 20-м годам добиться трехкратного увеличения воздушного трафика над своими территориями без снижения уровня безопасности полетов [1]. Достижение результата предполагается осуществить на основе совершенствования всего комплекса мероприятий по ОрВД. Уже сейчас в ряде элементов ВП мирового авиационного сообщества, оснащенных современными средствами наблюдения, навигации и связи, действуют сокращенные нормы вертикального эшелонирования, ведется подготовка к переходу на правила движения по свободным траекториям и к передаче пилоту отдельных функций диспетчера (децентрализация УВД – управления воздушным движением). «Слоенный пирог», наглядно представляющий собой селектированное высотными эшелонами ВП гражданской авиации (ГА), теперь насчитывает больше слоев для рассредоточения по ним движущихся ВС, а возможность прокладывать маршрут не по линиям трасс, а по выгодному в складывающихся метеоусловиях курсу, позволяет «расширить» ВП внутри каждого слоя (эшелона).

Еще недавно для таких нововведений отсутствовала техническая поддержка. Общепринятые нормы эшелонирования основывались на точности радиолокационных измерений (сотни метров), используемых и поныне. С развитием навигации на основе данных автоматического зависящего наблюдения (АЗН) и взаимодействия пилотов и наземных служб в режиме вещания картина изменилась. Информация о собственном ВС (навигационная, пилотажная, плановая) имеется на борту современных лайнеров в полном объеме. Данные по окружающим ВС поступают на борт либо от наземной системы, либо непосредственно от взаимодействующих участников движения. Основное сообщение АЗН содержит координаты (широту и долготу объекта) с разрешающей способностью 0,8 угловых секунд (около 15–20 м), высоту – с разрешающей способностью 2,4 м. Интервал обновления этих сообщений – 10 с и менее (до 1,0 с). Каждый пилот слышит переговоры диспетчера со всеми обслуживаемыми экипажами, на бортовые дисплеи транслируется картина воздушной обстановки, отображаемая диспетчеру, все решения наземного центра прозрачны – таковы технические предпосылки утроения пропускной способности ВП.

Документами Международной организации гражданской авиации ИКАО (International Civil Aviation – ICAO) рекомендован [2] постепенный (гармоничный) переход авиационного сообщества к внедрению в повседневную деятельность органов ОрВД концепции общесистемного управления информацией (System Wide Information Management – SWIM). Отличие концепции SWIM от ныне действующей технологии ОрВД состоит в том, что обслуживанием каж-

дого ВС должны заниматься не только диспетчерские службы тех органов УВД, в зоне действия которых осуществляется текущая фаза полета, но и специалисты всех заинтересованных центров УВД, затрагиваемых бортом на протяжении всего рейса. Это участие является пассивным, если рейс выполняется в штатном режиме, в соответствии с представленным планом, и не возникает никаких отклонений от планов полетов взаимодействующих участников движения. Тогда система в фоновом режиме, без участия наземного персонала и летных экипажей, фиксирует все параметры движения обслуживаемых ВС и рассылает их по базам данных (БД) всех участников процесса. В случаях отклонений от сбалансированного сводного плана использования воздушного пространства (ИВП) процесс активизируется, и к оценке воздушной обстановки для принятия совместного (коллективного) решения о вмешательстве в ход УВД привлекаются представители всех заинтересованных центров ОрВД – плановики, аналитики, метеорологи, а также экипажи ВС, оказавшихся в зоне дисбаланса.

Процедуры SWIM [2] и совместного принятия решений [3] формализованы экспертами и восприняты авиационным сообществом как реальная возможность повышения ПС ВП. В данной статье обсуждаются возможные направления компьютерной (алгоритмической) поддержки персонала в случаях необходимости оперативного регулирования потоков ВС, находящихся в воздухе, вследствие изменения условий выполнения их полетов.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Из понятных соображений каждая авиакомпания среди всех возможных свободных траекторий выберет для своих рейсов самые экономичные, близкие к ортодромиям, соединяющим аэродромы вылета и назначения. Отклонения от ортодромии неизбежны как вследствие наличия режимных ограничений, опасных геомагнитных и метеорологических явлений по маршруту, препятствующих движению к цели, так и по другим причинам, в частности, по требованиям авиационной безопасности. На смену Каталогу зарегистрированных маршрутов [4], соединяющих между собой аэродромы РФ, подготовленному и рекомендованному специалистами ГЦ ЕС ОрВД, приходит ежедневная практика оперативного поиска траекторий, выгоднейших в складывающейся воздушной обстановке. Для ее успешного выполнения необходим метод составления бесконфликтного сводного плана ИВП, используемый на всех этапах планирования и в ходе непосредственного УВД. Метод должен обеспечивать:

- взаимодействие лиц, принимающих совместные решения (плановики, синоптики, а на этапе УВД – пилоты и диспетчеры) в реальном масштабе времени и на основе дружественного человеко-машинного интерфейса в режиме общения удаленных пользователей;
- полное удовлетворение потребностей эксплуатантов в ИВП с минимально возможными отклонениями от заявленного маршрута и его распределения по времени и высоте;
- поддержание уровня безопасности полетов в рамках требований ИКАО (выработка рекомендаций по предотвращению потенциальных конфликтных ситуаций – ПКС);
- соблюдение ограничений по экологичности, экономичности и регулярности ВД (выработка рекомендаций по минимизации ожидания в очередях на вылет и посадку, расчет экономичных маршрутов, оповещение о критических отклонениях от расписания);
- рассылку информации о текущем состоянии процессов организации потоков воздушного движения (ОПВД) и УВД всем заинтересованным органам ЕС ОрВД и экипажам ВС, находящимся в полете (каждому из перечисленных – в части, его касающейся).

На вход алгоритма, реализующего обсуждаемый метод, должны поступать:

- актуальная (действующая в планируемый период) аэронавигационная информация о состоянии элементов структуры ВП и связей между ними;
- упорядоченная информация о фактической и прогнозируемой погоде;
- заявки на ИВП в виде рассчитанных плановых траекторий;

- навигационные параметры движения ВС в установленном темпе обновления (расчетные на всех этапах ОрВД плюс инструментально измеренные – в процессе УВД).

Результатом последовательности действий, выполняемых алгоритмом, должно являться оповещение лиц, совместно принимающих решения по составлению и реализации сбалансированного сводного плана ИВП, о необходимости изменения навигационных параметров траекторий движения ВС (расчетных при планировании или вмешательства в действия пилотов на этапе УВД) и выработка рекомендаций по внесению этих изменений.

Для получения результата должно быть формализовано, спроектировано и экспериментально обосновано алгоритмическое преобразование исходной информации в конкретные варианты регулирования процесса обслуживания воздушного движения (ОВД), а также компьютерные средства выполнения такого преобразования (комплекс программ и адаптационная модель ИВП, реализованные схемы которых анализируются в [5]).

На каждом этапе планирования использования воздушного пространства (ПИВП) функции метода должны различаться в соответствии с решаемыми задачами и степенью доверия к исходной информации (прогнозам синоптиков и планам полетов) для его работы.

## 2. РАСШИРЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЭТАПАМ ОрВД

*Долгосрочное планирование* (этап составления сезонного расписания) отличается малой достоверностью прогностической информации – метеорологической, демографической и т.д. Как следствие, на этом этапе задачей планирующих органов становится распределение по аэродромам так называемых «слотов» (SLOT – Selected Local Operation Time, или выделенное время местной аэродромной операции), т.е. интервалов времени суток, в течение которых должен начинаться (или заканчиваться) планируемый рейс. Время вылета предлагается владельцем ВС и согласуется с другими эксплуатантами, а время посадки рассчитывается исходя из длины пути до аэродрома назначения и крейсерской скорости с учетом специфики пилотирования на участках набора высоты и снижения. Цель долгосрочного этапа состоит в том, чтобы разнести во времени слоты аэродромных операций, добиться бесконфликтности в диспетчерских зонах (до 200 м над аэродромом) и в районах аэродромов на основе разумной организации прилетов и вылетов. Динамика обстановки на всех остальных участках траектории движения на долгосрочном этапе пока не рассматривается, и распределение ВП между бортами по месту, времени и высоте откладывается на последующие этапы планирования. При переходе к режиму полетов по свободным траекториям технологию и методы ПИВП следует изменить. Рассредоточение движущихся ВС по линиям трасс, упорядочение встречных потоков по четным и нечетным эшелонам служит сейчас основой для достижения высокого уровня безопасности, и отступление от действующих норм производства полетов может повысить риск возникновения ПКС. Предпосылки к опасным сближениям бортов в ВП могут выявляться и исключаться еще на этапе долгосрочного планирования с помощью обнаружения периодов перегрузки секторов потоком регулярных рейсов и анализа планируемой воздушной обстановки в такие периоды диспетчерской смены.

С этой целью на этапе долгосрочного планирования должна использоваться модель ИВП, имитирующая планируемую воздушную обстановку в течение каждого суток срока действия расписания. Планы полетов регулярных рейсов действуют, в общем случае, по несовпадающим дням недели, т.е. день ото дня создают различную загрузку как ВП в целом, так и каждого из его элементов. Пропускная способность аэродромов и секторов также не является постоянной, и колебания ее значений в ряде случаев известны заранее. Необходимо исследовать и решить вопрос о расчете заявленных эксплуатантом планах полетов: рассчитывать ли пространственно-временные траектории в предположении метеорологических условий по маршруту, определенных константами международной стандартной атмосферы, либо использовать наиболее вероятные для каждой недели (даты) статистические значения температуры воздуха на аэродроме и вектора ветра по эшелонам планируемой траектории.

*Стратегическое планирование* предназначено для коррекции сводных планов ИВП вследствие массового изменения потребностей в воздушных перевозках, которое не могло быть предусмотрено сезонным расписанием. Причиной тому могут быть природные катаклизмы (землетрясения, опасные погодные условия), социальные и демографические явления (перенос чемпионатов и фестивалей из одной страны в другую, переброска войск в районы учений), закрытие прямого авиасообщения (вследствие локальных конфликтов и политических акций) и т.д. На этом этапе ПИВП в распоряжении специалистов, принимающих стратегические решения по ревизии устаревшего плана, имеются метеопрогнозы с достаточно высокой оправдываемостью (согласно [6], этап выполняется за 2–6 суток до дня производства полетов), уточнены аэронавигационные данные о текущем состоянии элементов ВП и средствах технического обеспечения, о возможных заменах рейсовых ВС (по их вместимости) вследствие колебаний спроса на услуги авиатранспорта. Повышение достоверности исходных данных позволяет уже на этом этапе производить предварительное распределение ВП по месту, времени и высоте для каждого участника движения. Одной из целей становится перераспределение грузопассажирских потоков не только между авиакомпаниями, но (под эгидой Минтранса) даже с наземным и водным сообщением, позволяющее свести к минимуму ущерб от неблагоприятных стихийных или социальных явлений. Результатом становится сводный план ИВП на дату полетов, учитывающий как изменения в действующем расписании, так и поступившие заявки на дополнительные рейсы (вне расписания). По плану каждого рейса рассчитывается четырехмерная траектория, содержащая распределение по месту (с точностью до рубежей передачи УВД и известных системе навигационных пунктов, или пунктов обязательных донесений – ПОД), времени (с точностью до указанного в заявке на ИВП слота на аэродроме вылета) и высоте (с точностью до запрошенного в заявке эшелона). Вычисленные параметры траектории позволяют определить время нахождения каждого борта в каждом затрагиваемом полетом секторе УВД и оценить планируемую загрузку каждого диспетчера с точностью до установленных интервалов времени (как правило, шкала времени допускает запрос распределения загрузки в течение суток с интервалами 10, 20, 30 или 60 мин). Дополнительную погрешность вносит в расчет загрузки неопределенность, связанная с моментом приема-передачи управления между диспетчерами. Согласно действующим технологиям [6], эта операция производится не в момент пересечения географической границы сектора, а при пролете близлежащего ПОД, расположенного на расстоянии не более 40 км по любую ее сторону (реальный выбор ПОД зависит от текущей загрузки диспетчеров). При переходе к дисциплине полетов по свободным траекториям рубеж приема-передачи может оказаться на произвольном удалении от ПОД, и операция будет осуществляться в фиктивном пункте маршрута, точное местоположение которого определится лишь в ходе полета. Подчеркнем, что действующая в РФ технология ОрВД использует для координации и согласования вопросов ОПВД средства телефонной и телеграфной связи, что затрудняет формирование оптимальных по ограничениям экономичности и загрузки сводных планов ИВП. Совместные решения зачастую принимаются не на всю глубину полета ВС, а персоналом зонального центра (ЗЦ) на основе переговоров со специалистами подчиненных районных центров (РЦ) или смежных ЗЦ. Для формирования оптимальных по расходу топлива планов ИВП в целом по ЕС ОрВД следует предусмотреть внедрение в обиход лиц, принимающих согласованные решения, средства организации видеоконференций, как это делается уже сейчас в аналогичных системах передовых авиационных держав.

*Предтактическое планирование* выполняется накануне даты производства полетов на основе сводного плана ИВП, сформированного в ходе стратегического планирования. Задача данного этапа состоит в формировании сбалансированного бесконфликтного плана ИВП на предстоящие сутки (суточного плана – СП). В течение всего периода создания СП до момента его утверждения возрастает достоверность информации для планирования (метеопрогнозы, текущее состояние элементов ВП, корректирующие плановые сообщения, отмены ранее поступивших планов полетов и новые заявки на ИВП). Появляется возможность существенно про-

двинуть процесс распределения ВП между бортами по месту, времени и высоте. С высокой вероятностью обнаруживаются пики и спады загрузки каждого сектора УВД в течение диспетчерской смены. Лица, принимающие коллективные решения по организации потоков воздушного движения, получают возможность рекомендовать на местах в каждой подобной ситуации предусматривать возможности маневра ресурсами: реконфигурацию системы (объединение секторов УВД при невысокой загрузке, разъединение секторов при ее повышении), рассредоточение потоков ВС по обходным направлениям и т.д.

*Тактическое планирование* предназначено для организации выполнения сбалансированного СП при изменении условий выполнения полетов. Собственно, для этого этапа ОрВД и разрабатывались концепции общесистемного управления информацией и коллективного принятия решений. Специфика авиаперевозок такова, что оптимальный по любому критерию план начинает устаревать и терять свою эффективность с момента утверждения вследствие как изменения объективной ситуации, так и воздействия человеческого фактора. Многократно переносятся вылеты чартерных рейсов, по техническим и погодным условиям задерживаются регулярные полеты, опасные метеорологические явления на трассах заставляют отказываться от экономических направлений. Кратковременные режимные ограничения нередко вводятся уже в процессе реализации плана. Одновременно появляются срочные заявки на полеты вне расписания. Подобные причины приводят к скептической оценке роли оптимальной модели ИВП на предварительных этапах рациональной организации воздушного движения. Однако они же, на наш взгляд, убедительно доказывают необходимость такого рода инструмента в ходе текущего планирования, когда всплывают все недочеты долговременного, стратегического и суточного этапов. В ситуации, при которой в считанные минуты нужно фактически заново создать сводный план на территории района или зоны, обоснованные предложения алгоритмов организации потоков оказали бы серьезную поддержку диспетчерскому персоналу.

*Послетактическое планирование* фактически представляет собой «разбор полетов» экспертами и предназначено для анализа причин возникающих в процессе ОВД нарушений Федеральных авиационных правил и предпосылок к летным событиям с целью выработки рекомендаций по их устранению. Для полноценной работы следует предоставлять в распоряжение экспертов инструментальные средства расследования происшествий, такие как комплексы имитационного моделирования процессов ОрВД, видеоконференции для обсуждения вопросов с коллегами в режиме удаленного доступа и другие компьютерные средства общесистемного управления информацией. Итог данного раздела статьи сведен в таблицу 1.

Таблица 1

Этапы ПИВП	Действующая технология	Технология SWIM (новые задачи)
Все этапы ПИВП	Техническое управление и контроль	То же + поддержание информационной целостности
Долгосрочный	Назначение слотов по аэродромам	+ начальное распределение ВП
Стратегический	Предварительное распределение ВП	+ кооперация в Минтрансе и первоначальная ОПВД
Предтактический	Составление и оптимизация СП ИВП	+ видеоконференции со смежными органами ОрВД
Тактический	Оперативное регулирование ИВП	+ оптимизация решений на всю глубину полета
УВД (ОВД)	Окончательное распределение ВП	+ учет последствий решения на всю глубину полета
Послетактический	Разбор полетов, анализ схем ОрВД	+ моделирование и согласование принимаемых решений

### 3. АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ФОРМИРОВАНИЯ БЕСКОНФЛИКТНОГО ПЛАНА ИВП

УВД по определению [7] есть процесс совместного решения наземными службами и экипажами ВС задачи успешного (безопасного, экономичного и своевременного) завершения всех выполняемых рейсов. Если в ходе ПИВП этим критериям уделяется равноценное внимание, то на этапе УВД доминирующее влияние оказывает фактор безопасности, и в ущерб остальным задерживаются и отменяются рейсы, ВС направляются на запасные аэродромы, сжигаются сотни тысяч тонн топлива в год в очередях на вылет и в зонах ожидания посадки. С первых шагов автоматизации (компьютеризации) технологических процессов УВД разработчиков привлекала задача создания программного обеспечения для решения задач обнаружения и предотвращения конфликтных ситуаций. Примечательно, что их интерес к проблеме не вызывал энтузиазма диспетчерского персонала, которому новый сервис не добавлял ничего существенного к привитым еще в годы обучения на тренажерах навыкам разрешения ПКС; профессионал за пультом УВД видел предпосылки к конфликтам раньше, чем получал тревожные подсказки алгоритмов. В результате программисты ставили задачу сами себе, привлекая имевшийся в те времена опыт расчета упрежденного положения ВС.

Наибольшей популярностью пользовались геометрические методы разрешения парных конфликтов (между парами ВС), которые привели к таким откровениям, как «эффект домино» (предотвращение опасного сближения пары приводило к возникновению новых угроз для других) и к «проклятию размерности» – при попытке распространить анализ воздушной обстановки на всех участников движения необходимые для решения задачи компьютерные ресурсы возрастали экспоненциально в зависимости от количества участников. Перебор вариантов удалось свести к минимуму на основе так называемого «слоеного пирога»: модель ВП представлялась в вертикальном разрезе эшелонами (слоями), и каждый слой в горизонтальной плоскости покрывался квадратной сеткой с шагом критерия опасного сближения. Перебор осуществлялся лишь внутри сформированных квадратов, т.е. вместо полного сопоставления взаимного положения сотен объектов анализировались десятки переборов по единицам объектов. Преодоление граничных эффектов (опасное сближение по разные стороны границ квадратов) частично осуществлялось волновым алгоритмом просмотра квадратов, а петлевым алгоритмом [5] пропуск конфликта исключался практически полностью.

С 90-х годов XX века развивается метод потенциальных полей (МПП), в котором выбор вариантов не предусматривается. Расчет маневра уклонения от ПКС основан на использовании аналогии между процессами движения ВС к очередному пункту маршрута и движения зарядов в электрическом поле. Согласно модели, пункты и ВС «имеют» разноименные заряды, следовательно, ВС «отталкиваются» друг от друга и «притягиваются» к ближайшему по плану полета пункту (рис. 1). На первый взгляд, аналогия между процессом, подчиняющимся законам физики, и процессом, связанным с принятием решений, выглядит неосновательной, так как заряды движутся в каждой точке поля в направлении убывания градиента, а ВС управляются действиями пилота. Однако на самом деле МПП ставит обратную задачу: действия пилотов должны моделировать взаимное отталкивание одноименных зарядов и притяжение разноименных, т.е. воспроизводить искривление силовых линий поля, что позволяет без какого-либо выбора варианта уклонения рассчитывать безопасные траектории ВС, участвующих в конфликте. Для обхода затруднений, связанных с вычислительной громоздкостью математического аппарата теории поля, фактически предлагается использовать геометрическую модель образования конфликтных ситуаций, формализующую процедуру поиска оптимального вектора децентрализованного управления ВС в условиях множественного конфликта. Все вычисления сводятся к элементарным геометрическим преобразованиям.

Достоинством МПП является достаточная простота реализации, допускающая в рамках концепции общесистемного обмена информацией расчет согласованных траекторий сближающихся ВС на каждом борту, что создает основу для децентрализованного (кооперативного) разрешения множественных ПКС. Недостаток состоит в большом количестве параметров, влияющих на эффективность разрешения конфликта, которые необходимо «подбирать» в процессе синтеза и применения (такие, как нормирование средствами теории подобия силы тяги, бокового ветра и лобового сопротивления самолета – пространственными силами притяжения и отталкивания зарядов).

Принцип МПП состоит в том, что объект (управляемое ВС) движется под влиянием расчетных потенциалов, генерируемых как текущей «целью полета» (очередным пунктом маршрута), так и «препятствиями» (другими ВС и опасными зонами). Цель вырабатывает потенциал, который притягивает объект в ее сторону, в то время как препятствия вырабатывают потенциалы, которые отталкивают объект от них. Соответственно, суммарная сила отталкивания объекта от всех препятствий – это сумма сил отталкивания от каждого из них. Это позволяет в итоге суммировать векторы сил взаимодействия независимо от источника ПКС. Показателем конфликта служит прогнозируемый пролет (зазор) – минимальное расстояние, на котором разойдутся объекты, если продолжат движение с неизменной скоростью и курсом. Отталкивающий потенциал от каждого препятствия определяется в зависимости от пролета и времени, оставшегося до его достижения. Величина силы отталкивания от взаимодействия с другим ВС либо опасными зонами принимается равной величине соответствующего потенциала. Направление силы определяется по линии, соединяющей управляемое ВС и конфликтующий объект, в противоположную сторону от конфликтующего объекта. Вектор силы притяжения ВС к осевой линии текущего участка планового маршрута рассчитывается исходя из требования обеспечения такого направления вектора скорости ВС, при котором будет иметь место линейная скорость приближения к плановой траектории, пропорциональная величине бокового отклонения ВС от осевой линии участка маршрута. При расчете величины силы притяжения вводится весовой коэффициент риска, позволяющий учесть снижение влияния силы притяжения при наличии конфликта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Документами ГА регламентирована технология организации и управления воздушным движением на основе концепций управления общесистемной информацией, совместной ОПВД и

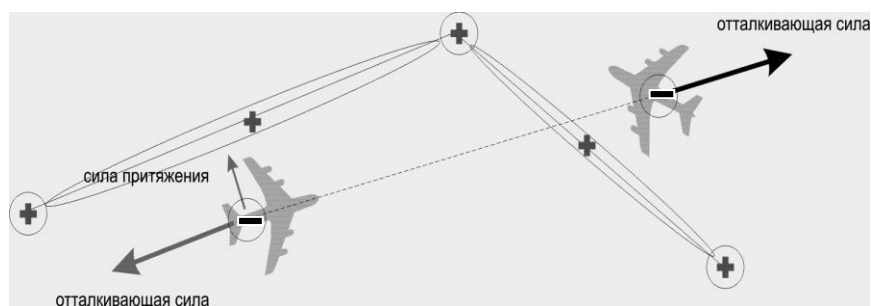


Рис. 1. Интерпретация метода потенциальных полей

децентрализованного (кооперативного) УВД. В статье анализируются теоретические проблемы программно-алгоритмического обеспечения коллективных действий специалистов по ОрВД (диспетчеров, пилотов, аналитиков, плановиков, метеорологов), необходимого для развития уровня автоматизации авиационных систем в свете этих концепций.

Предлагаются новые требования к составу функций, выполняемых на различных этапах ПИВП и непосредственного управления полетами, и обсуждаются возможные методы их компьютерной реализации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Этап определения проекта SESAR (Исследование организации воздушного движения в едином Европейском небе). Документ Евроконтроля DLM-0607-001-02-00, 2007.

2. Руководство по концепции общесистемного управления информацией. Документ ИКАО Doc 10039 AN/511, 2015.
3. Руководство по совместной организации потоков воздушного движения. Документ ИКАО Doc 9971 AN/485, второе издание 2014.
4. Каталог зарегистрированных маршрутов РФ. – М.: ГЦ ППВД, 2000.
5. **Рудельсон Л.Е.** Программное обеспечение автоматизированных систем управления воздушным движением. В 2 ч.: учеб. пособие. Часть II. Функциональное программное обеспечение. Книга 4. Модель использования воздушного пространства. Обработка плановой информации. – М.: МГТУ ГА, 2004.
6. Федеральные авиационные правила «Организация планирования использования воздушного пространства РФ». Утверждены Приказом Министерства транспорта РФ от 16 января 2012 г. № 6 (зарегистрированы Минюстом России 22 марта 2012 г., регистрационный № 23577). [Электронный ресурс] URL: <http://www.rg.ru/2012/04/04/aviapravila-dok.html>.
7. Технологии работы диспетчеров органов обслуживания воздушного движения (управления полетами) при аэронавигационном обслуживании пользователей воздушного пространства РФ. Утверждены Приказом Федеральной аэронавигационной службы от 14 ноября 2007 г. № 108 (зарегистрировано в Минюсте РФ 21.12.2007, регистрационный № 10797) [Электронный ресурс] URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/92497/#ixzz3v38oif4>.
8. **Дегтярев О.В., Орлов В.С.** Алгоритмы обнаружения и децентрализованного разрешения опасных сближений самолетов в воздухе, основанные на методе потенциальных полей // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2013. – № 5.

## **ALGORITHMIC SUPPORT FOR THE SYSTEM WIDE INFORMATION MANAGEMENT CONCEPT**

**Agafonova I.Yu., Lavina V.V., Rudelson L.E.**

The theoretical problems of computer support for the "System Wide Information Management" concept, which was proposed by experts of the International Civil Aviation Organization, are discussed. Within the framework of its provisions certain new requirements for all initial stages of air traffic management preceding the direct aircrafts control are formulated. Algorithmic instruments for ensuring a conflictlessness of a summary plan for the use of airspace during the plan's implementation are analyzed.

**Keywords:** System Wide Information Management, collaborative air traffic flow management, collective decision-making, method of potential fields, decentralized management.

### **REFERENCES**

1. The ATM. Target. Concept. D3. DLM-0607-001-02-00, 2007. SESAR Definition Phase - Deliverable 3. Issued by the EUROCONTROL SESAR Consortium or the SESAR Definition Phase Project - September 2007.
2. Manual on System Wide Information Management (SWIM) Concept. Doc. 10039 AN/511, ICAO, 2012.
3. Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management, Doc. 9971, ICAO, Montreal, Canada, 2012.
4. Catalogue of the Russian Federation registered routes. M.: GTs PPVD, 2000. (in Russian).
5. **Rudelson L.E.** The software of the automated air traffic control systems. Part II. Functional software. Book 4. Model the use of airspace. Treatment planning information. M.: MSTUCA, 2004. (in Russian).
6. Federal aviation regulations «Organization Planning use Russian airspace». Approved by Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated January 16, 2012 № 6 (regis-



tered Ministry of Justice of Russia March 22, 2012, registration number 23577). Access <http://www.rg.ru/2012/04/04/aviapravila-dok.html> (in Russian).

7. Technology of work of dispatchers of air traffic services (Mission Control) for air navigation services of the Russian Federation airspace users. Approved by the Order of the Federal Air Navigation Service of November 14, 2007 № 108 (registered in the Ministry of Justice on 21.12.2007, registration number 10797) Access <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/92497/#ixzz3v38oifi4> (in Russian).

8. **Degtyarev O.V., Orlov V.S.** Algorithms for detecting as well as for decentralized removing of dangerous convergences of aircraft in the air, based on the method of potential fields. Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Theory and management systems. 2013. No. 5. (in Russian).

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Агафонова Инна Юрьевна**, окончила Ульяновское высшее авиационное училище (2004), аспирант МГТУ ГА, публикует третью научную работу, область научных интересов – компьютерная поддержка планирования и обслуживания полетов, электронный адрес: [agafonova@matfms.ru](mailto:agafonova@matfms.ru).

**Лавина Виктория Валерьевна**, окончила МГТУ ГА (2012), аспирант МГТУ ГА, опубликовала восемь научных работ, область научных интересов – программная обработка радиолокационной информации в автоматизированных системах организации воздушного движения, электронный адрес: [victory\\_9@inbox.ru](mailto:victory_9@inbox.ru).

**Рудельсон Лев Ефимович**, 1944 г. рождения, окончил МЭИ (1968), д.т.н., профессор, опубликовал более 170 научных работ, область научных интересов – программное обеспечение автоматизированных систем организации воздушного движения, электронный адрес: [l-rudelson44@ya.ru](mailto:l-rudelson44@ya.ru).