

УДК 656.7.052

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВАРИАНТ РЕОРГАНИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА В МОСКОВСКОМ УЗЛОВОМ ДИСПЕТЧЕРСКОМ РАЙОНЕ*

Ю.Е. ГЛУХОВ, А.Е. КОНОВАЛОВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Нечаевым Е.Е.

Предлагается вариант реорганизации структуры воздушного пространства московского узлового диспетчерского района с обоснованием повышения эффективности организации воздушного движения (ОВД).

Ключевые слова: структура, ограничения, конфликт, пропускная способность, круговое движение, квадратное эшелонирование, градиент, QNH, point merge, зональная навигация.

При наличии встречного движения на одинаковых длинах маршрутов вылета с нескольких аэродромов невозможно организовать независимые бесконфликтные вылеты, как, например, вылет из ВНК ВПП 24 на север через ДЕДУМ и вылет из ШРМ ВПП 25 на юг тоже через ДЕДУМ. Длины участков примерно равны и никакое расписывание ограничений по высотам SID (constrain) не обеспечит бесконфликтность при наличии хотя бы двух ВС вылетающих друг за другом с одного аэродрома на встречу другому. Получается эффект ножниц, разрешить который может только вмешательство диспетчера по осуществлению векторения или ввода ограничений по времени вылета. Второй способ более безопасный, но он требует высокого уровня взаимодействия диспетчеров аэродрома (СДП, ДПР) и МАДЦ (ДПК, ДПП) и при возрастающей интенсивности полетов будет сводить на нет прибыль авиакомпаний за счет экономии времени, и ввод процедур сокращенного эшелонирования на ВПП будет малоэффективным фактором повышения пропускной способности. Поэтому сейчас большая часть такого движения отдана на откуп векторению диспетчерами МАДЦ, что при постоянно возрастающем движении постоянно повышает риск ошибки в условиях перегрузки.

Очевидно, что решение данной угрозы заключается в реорганизации потоков и маршрутов вылета и прибытия МУДР. Тип решения таких конфликтов во многом зависит от матрицы конфигураций ВПП МУДР. Но анализ ветрового режима показывает, что чаще всего при работе ВПП 25 ШРМ во ВНК работает ВПП 24, а при работе ДМД ВПП 32, во ВНК работает ВПП 19. При организации кратчайших маршрутов вылета и/или прилета неизбежно будет существовать хотя бы несколько таких конфликтов. Альтернативный способ решения данной проблемы – чередование направлений вылета регулированием на этапе руления, но за последнее десятилетие по непонятным причинам это так и не вошло в технологию работы диспетчеров аэродрома.

Существенное ограничение по организации бесконфликтных или малоконфликтных маршрутов вносят существующие зоны ограничений и запретов внутри МУДР, организованные для обеспечения интересов всех пользователей воздушного пространства, исключить которые достаточно сложно.

Теоретически при существующих направлениях потоков в «коридорах» движение вокруг ЗЗО Москвы может быть малоконфликтным при организации преимущественно кругового движения против часовой стрелки. Но такая схема существенно загрузит внукские секторы за счет прилета в ДМД. А вылет из ВНК на запад и из ШРМ на восток будет загружать сразу все рабочие направления ДПП. К тому же стоит учитывать ограничения в работе ВНК, связанные с обеспечением литерных рейсов, и максимально исключать потоки над ним.

* Работа выполнена при материальной поддержке РФФИ (грант № 13-08-00182).

Изменение направления полета по кругу позволит реализовать малоконфликтное попутно-сходящее движение по часовой стрелке только в случае реверсирования направления потоков в МУДР на западе, востоке, севере и части (внуковской) юга.

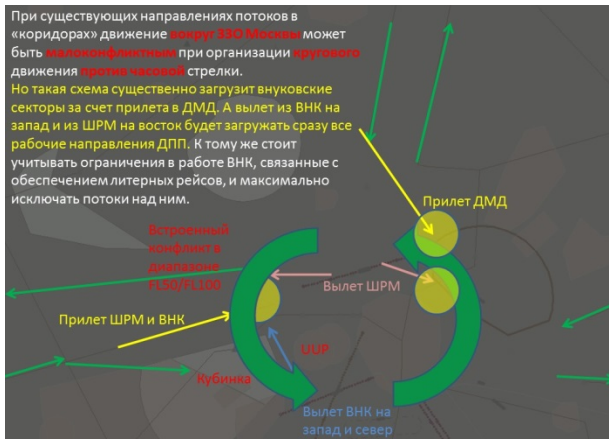


Рис. 1. Круговое движение вокруг Москвы против часовой стрелки



Рис. 2. Круговое движение вокруг Москвы по часовой стрелке

Невыполнение одного из этих условий создает расслаивание единого малоконфликтного движения на несколько слоев, при переходе между которыми придется решать дополнительные задачи по эшелонированию и согласованию, повышающие сложность ОВД.

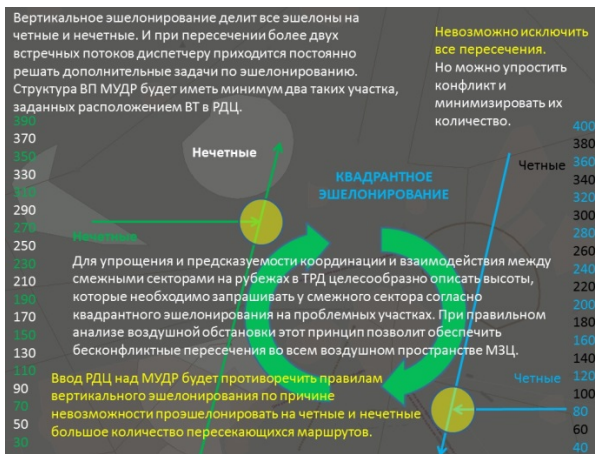


Рис. 3. Квадрантное эшелонирование



Рис. 4. Транзитные потоки в предлагаемом варианте

Вертикальное эшелонирование делит все эшелоны на четные и нечетные. И при пересечении более двух встречных потоков диспетчеру приходится постоянно решать дополнительные задачи по эшелонированию. Структура ВП МУДР при любой реорганизации потоков внутри будет иметь минимум два таких участка, заданных расположением ВТ в РДЦ.

Для упрощения и предсказуемости координации и взаимодействия между смежными секторами на рубежах в ТРД целесообразно описать высоты, которые необходимо запрашивать у смежного сектора согласно квадрантного эшелонирования на проблемных участках. При правильном анализе воздушной обстановки этот принцип позволит обеспечить бесконфликтные пересечения во всем воздушном пространстве МЗЦ. Это не запрещает использовать другие эшелоны этого же направления, но потребует дополнительного согласования у принимающего диспетчера с целью получения разрешения приема ВС на таких условиях. Таким образом, в зависимости от особенностей характеров диспетчеров одни будут отдавать предпочтение согла-

сованию при сокращении радиообмена с экипажами, когда другие, наоборот, будут выводить ВС на рубежи передачи на разрешенных по умолчанию эшелонах (высотах), экономя, таким образом, свою занятость в согласовании. Существенное влияние в выборе одного из типов работы будет оказывать наличие и занятость диспетчеров процедурного контроля. При этом распределение высот таким принципом по причинам безопасности полетов должно быть приоритетней ситуации, когда одному из секторов приходится всегда запрашивать любые эшелоны входа в следующий сектор при отсутствии альтернатив в случае проблем с согласованием условий (проблемы со связью или дефицит времени на согласование).

Ввод РДЦ над МУДР будет противоречить правилам вертикального эшелонирования по причине невозможности проэшелонировать на четные и нечетные эшелоны полета большое количество пересекающихся маршрутов, в то время как при диспетчерском обслуживании подхода (МУДР) это укладывается в рамки существующих правил. К тому же оперативное безголовое согласование условий приема/передачи в вертикальной плоскости «морганием» формуляров сопровождения не типично для Московского РДЦ, так как такие рубежи сейчас практически отсутствуют. Специфика работы в таких секторах РЦ над Москвой будет существенно отличаться от работы на других секторах РЦ, так как сейчас диспетчеры РЦ анализируют вход в свой сектор основного потока с географических границ и прогнозируют решение конфликтов в середине сектора, как правило, уже без переменного профиля полетов. А в случае входа в сектор в неопределенных точках по высоте они будут практически «ходить по минному полю» при выдаче разрешений, не зная наперед с большой вероятностью время, место, очередность и направление полета следующего ВС из вылетающих одновременно с нескольких основных аэродромов МУДР. Им придется привыкать работать по факту, как сейчас это делает МАДЦ. В противном случае, про занятие экономически выгодных эшелонов полета в пределах горизонтальных границ МУДР авиакомпаниям придется забыть. К слову, существующая секторизация МУДР позитивно оценивается многими специалистами из разных центров ОВД как раз за счет отсутствия РДЦ над Москвой. При этом анализ потоков в МЗЦ показывает, что вынос всех транзитных трасс за пределы МУДР создаст большое число дополнительных конфликтов, так как они попадают под расчетные положения для снижения ВС, следующих в Москву.

Сейчас ОВД в МЗЦ осуществляется на АС УВД «ТЕРКАС» при постоянном динамическом резервировании КСА УВД «Альфа». Симбиоз настолько глубок, что отдельно друг от друга эти две системы работать в полном объеме решаемых сегодня функций не могут. Но возможности АС УВД «ТЕРКАС» по повышению уровня автоматизации сильно ограничены технически, да и глубокий апгрейд 30 летней системы не рентабелен. Но при этом переход на новую систему без полноценного резервирования не безопасен. Поэтому необходимо на время обкатки новой систему использовать существующую в горячем резерве.

«ТЕРКАС» поддерживает только 13 пультов (секторов ОВД) для МУДР (9ДПП+4ДПК). Каждый пульт возможно переориентировать в рабочее место ДПП, ДПК с небольшими особенностями. Так БК (Быково-круг), аэродром обслуживания которого уже не существует и не загружается движением можно превратить в М0 (Москва-подход №10). Таким образом, получим 3ДПК=ШК+ВК+ДК и 10ДПП=М1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0.

На пропускную способность диспетчера и соответствующего сектора влияет множество факторов. В их числе количество ВС одновременно на обслуживании и сложность анализа их взаимных положений (попутный/встречный/пересекающий) в зависимости от количества различных этапов полета (прибытие/отправление/транзит) и числа вмешательств диспетчера для парирования несовершенства элементов организации воздушного движения в секторе (встроенные конфликты в структуре воздушного пространства/планировании/процедурах).

Как бы не хотелось разделить воздух между отправлением и прибытием, не избежать всех пересечений. Их можно лишь перенести ближе или дальше от аэродромов и прописать ограничения (constrain) в таких точках по высотам (не ниже/не выше/ровно). Анализ профилей набора высоты и снижения показывает, что в основном экипажи всех типов гражданских ВС при сни-

жени выдерживают градиент около 4,5%, что означает потерю 450 м (015FL) за каждые 10 км пройденного пути. Так на удалении 100 км экипаж будет на FL150, т.е. снижение с FL300 он будет начинать примерно за 200 км пути до аэродрома назначения. С отправлением ситуация показывает, что градиент набора сильно варьируется от типа ВС, а все экипажи стремятся как можно быстрее выйти из плотных слоев атмосферы для экономии топлива и времени. Так при минимальном градиенте набора 3,3% экипаж за 50 км пути займет $330 \text{ м} \cdot 5 = 1650 \text{ м}$ (FL55), при градиенте 6% 3050 м (FL100), при 10% (как правило, максимальный) – 4550 м (FL150). Очевидно, что можно гарантировать безопасность при максимальной эффективности полетов организацией пересечения маршрутов вылета и прилета за пределами максимальных и минимальных границ градиента. То есть, чем ближе пересечение к аэродрому, тем лучше.

В предлагаемой альтернативной структуре ВП модульные секторы M9, M7, M0 состоят из объема воздуха в направлении вылета между внешними границами РАУЗ и РДЦ на всех разрешенных эшелонах и объема воздуха слоя RVSM и выше. Таким образом, эшелонирование транзитного потока и отправляющихся ВС осуществляется преимущественно в одном секторе, при этом основные конфликты прилета с вылетом уже разрешены в предыдущем секторе. ДПК обеспечивают ВД согласно действующей ТРД при первоначальном наборе SID до 5000/6000 feet при высоте перехода QNH 10000 feet и эшелоне перехода TFL110/130. Секторы M2, 4, 6, 8 обеспечивают главным образом перевод давления, установление и поддержание очередности посадки на «свой» аэродром и эшелонирование потоков вылета от прибытия. M1, 3, 5 обеспечивают, помимо потоков на свои и смежные аэродромы, процедуры ожидания на более выгодных высотах.

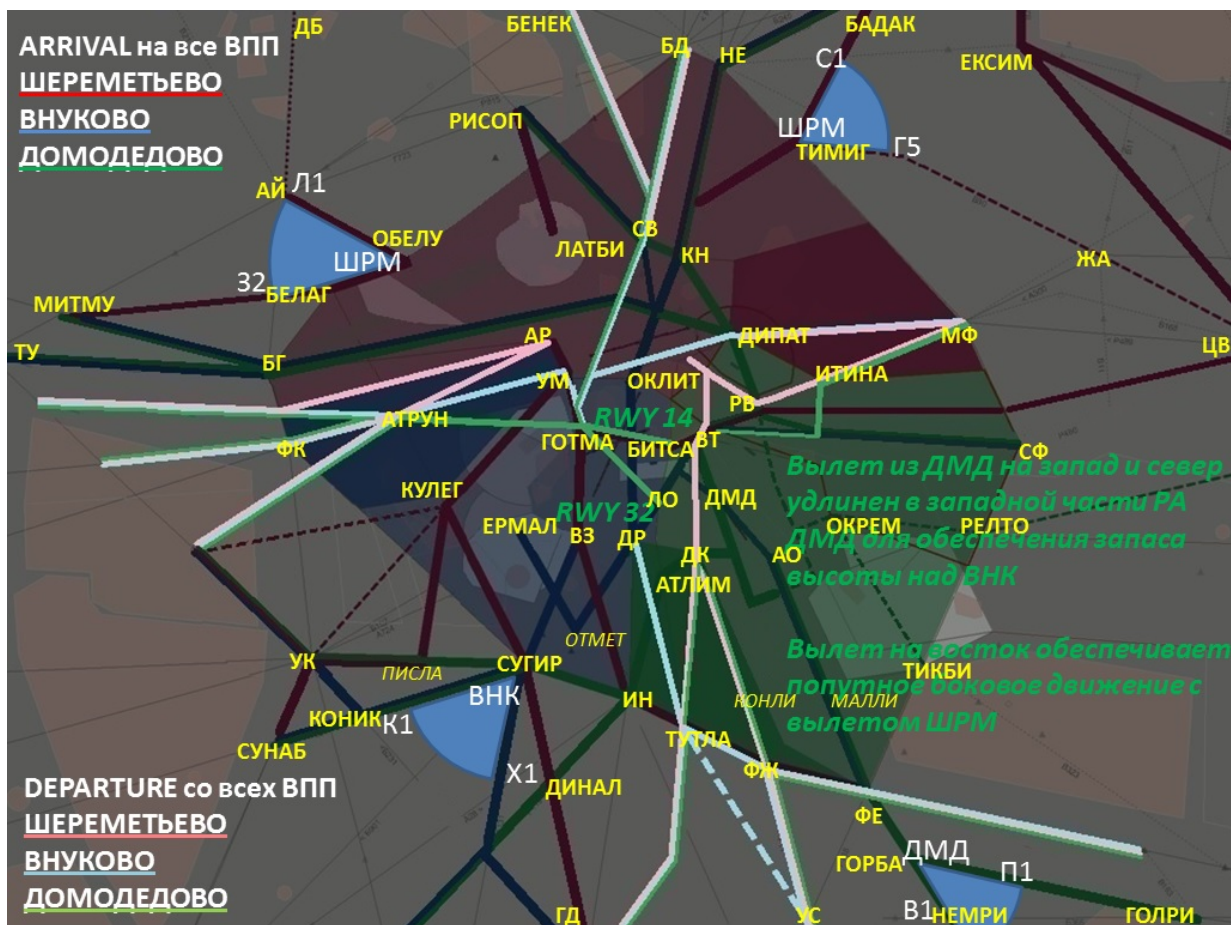


Рис. 5. Организация потоков прибытия и отправления через существующие точки с участками межсекторного слияния прибывающих потоков на верхах (point merge)

В существующей структуре воздушного пространства выстраивание потока в РЦ не выполняется в связи с тем, что несколько секторов РЦ одновременно выводят потоки на один маршрут прибытия одного и того же аэродрома. И даже если внутри каждого потока горизонтальные интервалы обеспечиваются, то при слиянии в едином потоке интервалы необходимо создавать заново. А при дефиците оставшегося времени полета до посадки управление скоростью не достаточно, что и приводит к векторению, которое, начавшись, распространяется на все ВС в потоке. Для синхронизации работы РЦ по построению прибывающих потоков предлагается установить вееры (POINT MERGE) на границах секторов. Таким образом, горизонтальная площадка на веере будет использоваться на рубежах ППУ, после чего возможна процедура CDO. Так же предлагается расположить точки начала STAR в секторах РДЦ на удалении около 50 км от МУДР на началах дуг вееров и организовать по 2 STAR (короткий и длинный) на каждую ВПП для своих (предписанных к сектору) аэродромов и 1 STAR для других (псевдогеографический принцип слияния процедурой «прямо на»). Например, для секторов РЦ «Киев» и «Харьков», граничащих с «Внуковскими» секторами МУДР, ВС, следующие во Внуково, будучи «своими» проходят через вееры (point merge), организуя основной доминантный (приоритетный) поток, в то время как со всех других направлений потоки будут рецессивно вклиниваться в него уже на секторах ДПП. Разница между STAR основного потока – только длина дуги веера. Диспетчер РДЦ сам назначает STAR для слияния потоков. С АДЦ согласовывается только горизонтальный интервал между ВС и диапазон эшелонов (в том числе для переменного профиля). Технология построения очередности захода строится на назначении в РЦ одного из двух (трех) видов STAR:

- S (straight-in) – приоритетный выстроенный географический поток (BELAG07S);
- M (merging) – использование дуги веера на РЦ для построения приоритетного географического потока (BELAG07M) (BY ATC);
- U (U-turn) – использование тромбона на ДПП только для вклинивания негеографического рецессивного потока (BELAG25U).

Преимущество такой кодировки в том, что диспетчеры последующих секторов будут знать, наблюдая в формуляре сопровождения назначенный STAR, выполняло ли ВС процедуру задержки при построении очередности (типа «M»), было ли спрямлено (типа «S») или требует вписывания в доминантный поток (типа «U»). Таким образом, соблюдение международного принципа «первый пришел, первый зашел на посадку» будет выполняться в большинстве случаев. Для обеспечения максимальной эффективности ИВП внутри МУДР от точек зон ожидания, входящих в длинный STAR (и других), могут назначаться (by ATC) новые короткие STAR типа S при малой интенсивности или типа U при смене направления работы ВПП. При организации участков маршрутов (зональной навигации) подавляющее большинство углов разворотов не более 90 градусов, что по требованиям ИКАО является контролируемым разворотом. В таких разворотах возможности бортовых навигационных систем максимально оправдывают расчетные (АС УВД) времена пролета точек, что существенно сокращает количество вмешательств диспетчера при «размазывании» интервалов в разворотах более 120 градусов. Чем больше угол разворота, тем большее влияние на точность оказывает скорость самого ВС вместе с направлением и скоростью ветра. И при больших углах разворота (более 120 градусов) управление скоростью имеет обратный эффект по принципу - чем больше скорость, тем больше радиус разворота и, соответственно, длина траектории. То есть в обратных схемах захода на посадку по приборам в отличие от заходов по прямой увеличение интервала достигается увеличением скорости следующего позади ВС с последующим уменьшением скорости сразу после разворота на посадочный курс. Само собой, эта двойственность приводит к дополнительной нагрузке диспетчера, и таких участков нужно максимально избегать, что легко выполнимо на маршрутах и схемах зональной навигации.

К вопросу о классификации воздушного пространства, существенных изменений можно избежать и максимально сохранить существующий вариант, экономя, таким образом, ресурсы на

изменение нормативных документов. Но оптимальным будет вариант наличия лишь одного класса воздушного пространства в каждом секторе диспетчерского обслуживания. Тогда экипажи будут всегда рассчитывать на конкретный вид обслуживания, обусловленный одним из классов воздушного пространства и четко представлять границы ответственности между собой и диспетчерами. И еще при установлении классов надо учитывать, что граница между классами не является преградой для разграничения полетов (как, например, искусственное увеличение границ класса «С» относительно «G» в плане на карте) и что ВС в любом случае залетит, куда запланировал. Но в этом случае двойная классификация только будет вносить дополнительные трудности для обслуживания по причине двойственности стандартов ответственности.

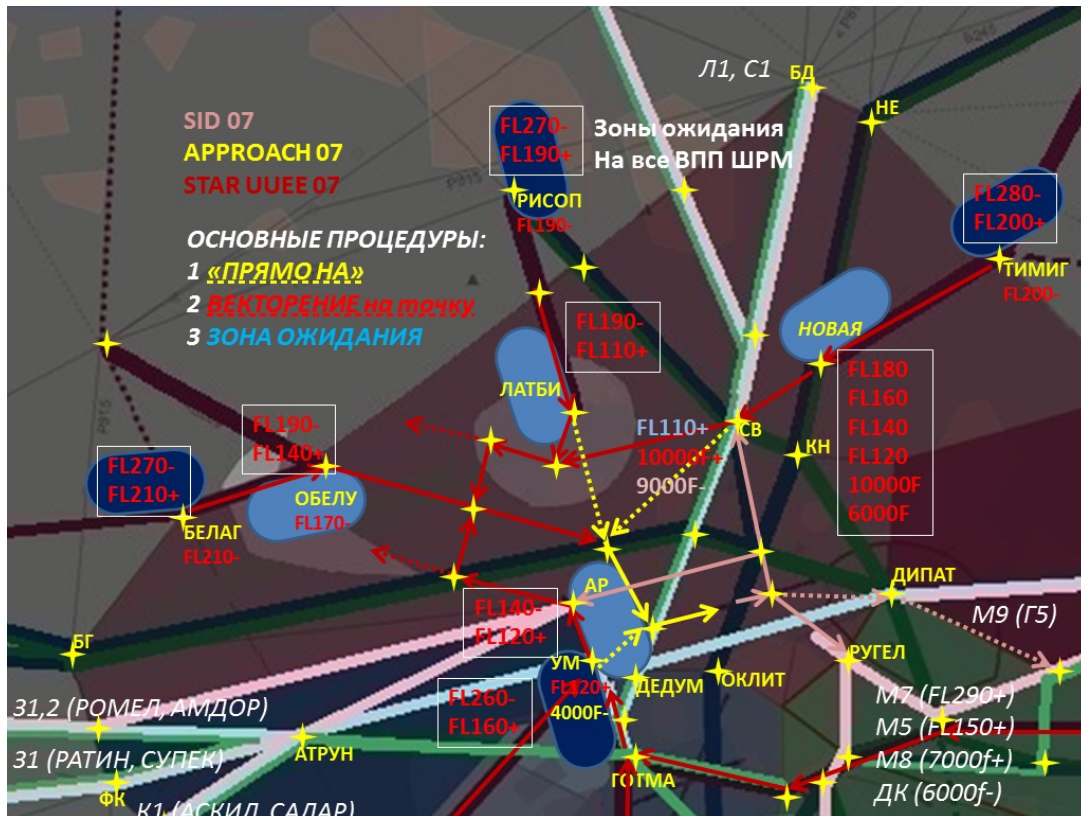


Рис. 6. Организация потоков прибытия и отправления Шереметьево на ВПП 07 с высотами и зонами ожидания

ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов Ю.Е., Бобина А.Д. Повышение эффективности ОВД в МУДР // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2013. - № 198.
2. Реутович Г.А. Обслуживание воздушного движения: учеб. пособие. – М.: Институт аэронавигации, 2013.
3. Проведение независимой экспертизы (аудита) новой структуры воздушного пространства Московской зоны ЕС ОрВД: заключительный отчет № STA-18436.
4. Организация воздушного движения в Российской Федерации: Федеральные авиационные правила // Минтранс России. - 2011. - № 293.
5. Сборник аэронавигационной информации РФ и стран содружества независимых государств // Служба аэронавигационной информации. - 2013.

THE ALTERNATIVE VARIANT OF MOSCOW TERMINAL MANEUVERING AREA RESTRUCTURIZATION

Glukhov Yu.E., Kononov A.E.

The variant of Moscow TMA restructuration with ATM efficiency increasing justification is presented.

Keywords: structure, constrains, conflict, capacity, circular motion, quadrature spacing, gradient, QNH, point merge, RNAV.

Сведения об авторах

Глухов Юрий Евгеньевич, 1985 г.р., окончил СПбГУ ГА (2007), старший преподаватель кафедры управления воздушным движением МГТУ ГА, авиадиспетчер 1-го класса МЦ АУВД (МАДЦ), автор 3 научных работ, область научных интересов – организация системы ОВД, разработка принципов и внедрение новых технологических процедур в области взаимодействия между экипажами ВС и диспетчерами с помощью новейших автоматизированных систем.

Коновалов Александр Евгеньевич, 1970 г.р., окончил ОЛАГА (1992), старший преподаватель кафедры управления воздушным движением МГТУ ГА, старший диспетчер МАДЦ филиала МЦ АУВД ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», область научных интересов – организация системы ОВД, организация потоков воздушного движения.