электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 00

Оптимизация использования воздушного пространства при помощи метеоинформации по grib

 # 10, сентябрь 2012

Ривкин А.М., Арутюнян Д.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Власов А.И.
Россия, Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4

МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

Введение

Управление воздушным движением (УВД) в нашей стране — организация, планирование, координирование движения воздушных судов, выполняющих полёты или движущихся по аэродрому в связи с совершением взлётно-посадочных операций. Конечная цель УВД — обеспечение безопасности, регулярности и эффективности полётов. Согласно Воздушному кодексу СССР УВД было возложено на органы Единой системы управления воздушным движением (ЕС УВД) и ведомственные органы управления в пределах установленных для них районов и зон. В действующей системе управления ведущая роль принадлежит ЕС УВД. Она создана в начале 70-х гг. К этому времени плотность и интенсивность воздушного движения в стране достигли такого уровня, что управление полётами гражданских и военных воздушных судов, которые выполняются практически в одном и том же воздушном пространстве, их согласование и координация с пунктов управления, принадлежащих различным ведомствам, стали затруднительными. Интересы безопасности требовали объединения гражданских и военных органов УВД, что и было осуществлено в рамках ЕС УВД.

На органы ЕС УВД была возложена организация использования воздушного пространства для полётов гражданских и военных воздушных судов и других видов деятельности, связанной с использованием воздушного пространства, включая определение в нём воздушных трасс, местных воздушных линий (МВЛ), районов аэродромов и др. элементов структуры воздушного пространства для обеспечения единой технической политики УВД, внедрение автоматизированных систем и др. Оперативные органы — центры ЕС УВД (главный, зональные, районные), состоящие из гражданских и военных секторов, осуществляют планирование, координирование воздушного движения, а районные, кроме того, — непосредственное управление воздушным движением. При этом гражданские сектора управляют полётами всех воздушных судов по воздушным трассам страны и МВЛ первой категории, а военные сектора — полётами воздушных судов по маршрутам, проложенным вне воздушных трасс и МВЛ.

Ведомственные гражданские и военные органы УВД (диспетчерские и командные пункты различного назначения), не входящие в ЕС УВД, действуют в тесном взаимодействии с оперативными органами ЕС УВД. Они управляют воздушным движением в районах аэродромов (аэроузлов), включая подход и посадку воздушных судов, их взлёт и выход из районов аэродромов (аэроузлов) на воздушные трассы страны,

МВЛ или на другие маршруты. К компетенции ведомственных органов УВД относится также УВД при полётах на МВЛ второй категории, в районах авиационных работ и др.

Анализ текущей системы управления воздушным движением

Процесс оперативного управления включает планирование, координирование и непосредственное УВД. Планирование воздушного движения производится с учётом пропускной способности воздушного пространства, аэродромов и возможностей органов УВД в обеспечении управления. Различают планирование предварительное — за несколько суток до дня полёта для составления расписаний полётов, потоков движения воздушных судов, графиков использования аэродромов и т. д., суточное — накануне дня полётов и текущее — в процессе выполнения суточного плана полётов для корректировки условий полётов отдельных воздушных судов. Координирование заключается в согласовании полётов воздушных судов с другими видами деятельности в воздушном пространстве, одновременных полётов воздушных судов различных ведомств в соответствующих районах и зонах, включая перераспределение потоков движения воздушных судов по воздушным трассам страны, МВЛ и др.

Непосредственное УВД начинается с момента пуска двигателей воздушного судна (начала руления, буксировки) и продолжается до их выключения после заруливания на стоянку. Непосредственное УВД включает:

1) информацию экипажей воздушных судов о метеоусловиях и воздушной обстановке в районе полёта, о состоянии аэродромов, работе средств связи и радиотехническом обеспечении полётов и посадки, передачу других данных, необходимых для безопасного выполнения полёта;

2) предотвращение опасных сближений и столкновений воздушных судов в полёте и с препятствиями на аэродроме посредством их эшелонирования (рассредоточения) в движении на безопасные интервалы, установленные правилами УВД;

3) принятие своевременных мер по оказанию помощи экипажу воздушного судна, терпящему бедствие или встретившемуся в полёте с особыми случаями, угрожающими его безопасности;

4) извещение органов, осуществляющих поисково-спасательные и аварийно-спасательные работы, о воздушных судах, терпящих или потерпевших бедствие.

Непосредственное УВД в зависимости от технической оснащённости осуществляется: при наличии непрерывного радиолокационного контроля за полётами — с соблюдением принципа «вижу, слышу — управляю», а при отсутствии такого контроля — с соблюдением принципа «слышу — управляю». Без радиосвязи полёты не разрешаются. Поддержание воздушными судами постоянной радиосвязи с органами УВД является обязательным. При нарушении связи командир воздушного судна и орган УВД обязаны принять неотложные меры к её восстановлению. При невозможности восстановления связи они должны действовать в соответствии с установленными для таких случаев правилами, соблюдение которых обеспечивает предупреждение столкновения данного воздушного судна с другими воздушными судами и его посадку на основном или запасном аэродроме. Непосредственное УВД всеми воздушными судами в определённом районе, зоне осуществляет только один орган УВД. Передача непосредственного УВД от одного органа УВД другому производится на установленных рубежах, определяемых, как правило, на границах их соответствующих районов и зон.

Обеспечение порядка и безопасности в воздушном движении достигается посредством передачи командирам воздушных судов диспетчерских разрешений и указаний, касающихся курса, высоты (эшелона) и скорости полёта. Они обязательны для исполнения. В случае явной угрозы безопасности полёта, а также в целях спасения жизни людей, находящихся на борту воздушного судна, его командир может принимать решения, касающиеся продолжения полёта, с отступлением от диспетчерских указаний и

разрешений. О предпринятых действиях он обязан немедленно сообщить органу УВД, под непосредственным управлением которого находится воздушное судно [1].

Анализ ситуации с подачей планов полётов и сообщений о движении воздушных судов (ВС) позволяет выявить ряд негативных сторон:

- не поступление в главный центр (ГЦ) на регулярной основе значительной доли планов полётов и сообщений о движении ВС, выполняющих международные полёты, существенно затрудняет реализацию разрешительного порядка использования воздушного пространства (ИВП) Российской Федерации (РФ);
- в органы ОВД и Военно-Воздушные Силы (ВВС) плановая информация поступает не всегда удовлетворительного качества, требующая значительных усилий по обработке телеграмм одновременно во всех органах, затрагиваемых полётом;
- имеет место множество случаев непоступления планов полётов и сообщений, касающихся их обновлений, в необходимые адреса. Одновременно с этим из-за ошибок адресования в органы ОВД поступает требующая обработки информация о полётах, их не затрагивающих;
- отсутствует механизм влияния со стороны центров Единой системы организации воздушного движения (ЕС ОрВД) на поступающую в органы ОВД плановую информацию, что не позволяет добиваться их корректности, полноты и своевременности.

Централизованная служба обработки планов полетов

Централизованная служба обработки планов полетов (ЦСОПП) создаётся на двух основных принципах:

- принципе централизации сбора и распространения плановой информации по всей зоне ответственности ГЦ,
- принципе реализации обратной связи с органом, подающим сообщения.

Все пользователи воздушного пространства (ВП) РФ будут подавать планы полётов фактические планы полета (ФПЛ) и сообщения, касающиеся их обновления, только в единственный адрес-ГЦ ЕС ОрВД (принцип централизации сбора плановой информации). При этом, если полёт затрагивает пространство за пределами ВП РФ, дополнительные адреса будут указываться подателем сообщений самостоятельно.

ЦСОПП, получив план полёта, анализирует его на синтаксис/семантику, соответствие действующей аэронавигационной информации, ограничениям (отсутствие долгов по оплате аэронавигационного обслуживания (АНО), соответствие свидетельству эксплуатанта и т.п.), установленным нормативам пропускной способности органов ОВД, соблюдение установленной последовательности и сроков подачи сообщений и, при положительном результате, будет направлять подателю плана полёта сообщения о принятии плана (принцип обратной связи). При наличии в плане незначительных ошибок, поддающихся автоматическому исправлению, ЦСОПП будет исправлять их и текст исправленного плана полёта будет включаться в ответное сообщение подателю для извещения его о том, в каком виде его план принят системой ОВД РФ. Пользователю будет предоставляться право несогласия с исправлениями. При этом он будет должен отменить план полёта и представить новый. В случае, когда ошибки в принятом плане носят критический характер, или не будут поддаваться автоматическому исправлению, ЦСОПП будет направлять подателю сообщение о непринятии плана полёта (сообщения) с указанием ошибок для исправления. При этом податель может заказать у ЦСОПП услугу на ручное исправление ошибок.

Во исполнение принципа централизации распространения плановой информации, получение сообщения о принятии плана полёта будет означать, что в установленные сроки план полёта и сообщения о движении ВС будут направлены ЦСОПП в необходимые адреса на территории РФ, которые ЦСОПП определит самостоятельно, а также в адреса, указанные подателем сообщения дополнительно.

Создание централизованной службы обработки планов полетов (ЦСОПП) позволит создать и вести в одном - Главном оперативном органе системы ОрВД – единый план воздушного движения по воздушным трассам, включающий информацию о планах полетов гражданской, государственной и экспериментальной авиации.

Оптимизация использования воздушного пространства

Для оптимизированного использования воздушного пространства нашей страны необходимо учитывать метеоусловия на всех этапах УВД. Для достижения этой цели требуется иметь прогноз погоды для каждого ВС на всей протяженности его полета. Прогноз погоды складывается из трех неразрывно связанных между собой этапов.

Первый из них — сбор данных наблюдений за погодой. Необходимо собрать в одно место сведения о состоянии атмосферы от наземных и радиозонди-рующих станций, пунктов штормооповещаний, оборудованных радиолокаторами, метеорологических спутников, самолетов и т. д. Это сложная оперативная задача, требующая применения современных средств связи. Основные исходные данные, которые используются для составления прогноза погоды, — различные характеристики давления, температуры, влажности, ветра, облачности и их изменения за определенный промежуток времени.

Второй этап — обработка и анализ полученных данных, т. е. составление и анализ карт погоды: выявление областей низкого и высокого давления (циклонов и антициклонов), проведение линий атмосферных фронтов, с которыми обычно связаны наиболее резкие изменения погоды, определение районов дождей, туманов, гололедов, гроз, градов, шквалов, пыльных бурь, сильных ветров и т. д.

Третий этап наиболее трудный — составление прогноза погоды. Качество и полнота наблюдений за погодой зависят от новой техники наблюдательных станций, от разработки новых и совершенствования действующих приборов, от методики наблюдений. Скорость обработки данных наблюдений и анализ их обеспечиваются применением электронно-вычислительных машин, автоматизацией всех звеньев, передающих сведения о погоде. Чтобы достичь более высокого качества и полноты наблюдений за погодой, теперь обычные наблюдательные метеорологические станции заменяют автоматическими, которые включены в общую систему сбора и обработки первичной информации. Кроме того, широко используется информация с искусственных спутников Земли.

Метеоинформация передается в электронном виде, в специальном формате GRIB, который заменил Aeronautical Data Format (ADF) - аэронавигационный формат данных.
GRIB (GRIdded Binary) — математический формат сжатых данных, обычно используемый в метеорологии для хранения исторических и прогнозируемых данных о погоде. Он был стандартизирован комиссией по основным системам Всемирной метеорологической организации, известен под номером GRIB FM 92-IX и описан в 306 номере руководства ВМО по кодам [2].

Расчет 4D-траектории

Для учета метеоинформации при управлении воздушным движением, в современных автоматизированных системах управления воздушным движением большое внимание уделяется расчету 4D-траектории ВС по данным плана полета.

Собственно, под расчетом 4D-траектории понимается вычисление времени прохождения ВС последовательных точек маршрута и соответствующих высот от начала до окончания полета на основании данных плана полета, причем под началом полета понимается начало руления, поскольку по правилам заполнения плана полета в нем указывается расчетное время уборки колодок, и именно от этого времени начинается отсчет при расчете 4D-траектории, а под окончанием полета понимается момент освобождения взлётно-посадочной полосы, связанный с завершением пробега.

При проведении расчетов полет принято рассматривать в последовательном прохождении следующих фаз:

- руление,
- разбег,
- набор высоты до занятия запрошенного эшелона с выходом в крейсерский режим полета,
- полет на эшелоне,
- снижение до захода на посадку (до точки входа в глиссаду),
- посадка,
- пробег.

Поскольку на каждой из перечисленных фаз имеются свои особенности с точки зрения используемых параметров и учитываемых факторов. Наиболее продолжительная по времени фаза – полет на эшелоне [3].

Существует 3 метода расчета продолжительности полета на эшелоне с учетом ветра:

- Статистический метод расчета продолжительности полета на эшелоне с учетом эквивалентного ветра
- Метод расчета через определение угла сноса
- Метод, учитывающий взаимное расположение участка трассы и скорости ветра по GRIB

В данной статье будет рассмотрен расчет только одного метода – учитывающего взаимное расположение участка трассы и скорости ветра по GRIB, поскольку данный метод наиболее точный. При полете на эшелоне для расчета траектории используются крейсерская скорость и крейсерский эшелон полета (параметры описываются в плане полета), а расчет производится с учетом ветра.

Входными данными для расчета служат значения скорости и направления ветра, передаваемые различными центрами (Вашингтон, Брекнелл, Москва) в кодах GRIB на уровнях от 1000 до 100 гПа, (в крайнем случае, это могут быть и аэрологические данные, но их слишком мало).

Маршрут полета, описанный в плане полета, и его изменения представляет собой заранее рассчитанную четырехмерную пространственную траекторию полета ВС в виде связанных отрезков линии пути, каждый из которых задан координатами, высотой (эшелоном) и временем прохода пунктов маршрута, в том числе и пунктов изменения профиля полета. На каждом участке скорость ВС раскладывается на составляющие u_c и v_c (с учетом расположения участка на карте). Далее определяется средний ветер на этом участке, с учетом выбранного эшелона полета, причем учитывается ветер в начале, середине и в конце участка (u_1, v_1, u_2, v_2, u_3, v_3). Для нахождения скорости ветра на эшелоне (уровне полета p), не совпадающем с уровнями отбора данных, применяется логарифмическая интерполяция:

$$u = (u_1(p + p_1)(p_2 - p) + u_2(p + p_2)(p - p_1))/2p(p_2 - p_1);$$
$$v = (v_1(p + p_1)(p_2 - p) + v_2(p + p_2)(p - p_1))/2p(p_2 - p_1),$$

где u_1, p_1, v_1 и u_2, p_2, v_2 - составляющие ветра и давление на уровнях выше и ниже интерполируемого.

Для нахождения скорости ветра на конкретном уровне, но в произвольной точке применяется билинейная интерполяция:

$$u = u_a + (u_d - u_a)Dx + (u_b - u_a)Dy + (u_a - u_b + u_c - u_d)DxDy,$$
$$v = v_a + (v_d - v_a)Dx + (v_b - v_a)Dy + (v_a - v_b + v_c - v_d)DxDy,$$

где u_i, v_i - значения составляющих скорости ветра в узлах регулярной сетки, Dx, Dy - шаги сетки.

Средний ветер на участке трассы:

$$v_{1отр} = (v_1 + v_2 + v_3)/3;$$
$$u_{1отр} = (u_1 + u_2 + u_3)/3.$$

Путевая (суммарная) скорость ВС с учетом ветра:

$$v_{св} = v_c + v_{1отр};$$
$$u_{св} = u_c + u_{1отр},$$

где $v_{св}$, $u_{св}$ - составляющие скорости ВС с учетом ветра. Путевая (итоговая) скорость ВС (W) определяется как квадратный корень из суммы квадратов $v_{св}$ и $u_{св}$. Зная длину участка s (в км), определяется время в пути:

$$W^2 = v_{св}^2 + u_{св}^2,$$
$$W = \sqrt{v_{св}^2 + u_{св}^2}.$$

Таким образом, на каждом заданном участке трассы определяются истинные скорости ВС.

Литература

1. Гальков М.А., Рудельсон Л.Е., Тверитнев М.М. Имитационная модель использования воздушного пространства. // Известия Академии Наук, Теория и системы управления, 2003, № 4.
2. - GRIB - Wikipedia, the free encyclopedia // http://en.wikipedia.org/wiki/GRIB
3. – Ривкин А.М. Модель полета воздушных судов на эшелоне // Наука и Образование, 2011, №11