

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ПРИЛЕТНОГО ПОТОКА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Н.А. АССОРОВ¹

¹*Московский центр автоматизированного управления воздушным движением,
г. Москва, Россия*

Рассматривается проблема упорядочения потока воздушных судов (ВС) как одна из задач обслуживания воздушного движения. Фактически этап полета воздушного судна, на котором к нему должны применяться меры по регулированию и построению потока, сильно зависит от интенсивности воздушного движения и структуры воздушного пространства аэропорта, который данное ВС следует.

Приведен пример воздушной обстановки с двумя прилетными ВС на аэродром Домодедово, при работающей ВПП 32 (правая), в обстановке, не осложненной какими-либо погодными условиями. При расчете была учтена структура воздушного пространства, удаление ее элементов друг от друга, применяющиеся схемы захода на посадку, а также ограничения по скоростям и их изменению, описанные в руководящих документах и сборниках аэронавигационной информации. Для большей достоверности результатов были применены два метода расчета, которые в итоге дали схожие результаты.

Как показал расчет, без должного построения потока воздушных судов до входа в зону на диспетчеров подхода будет падать дополнительная нагрузка по решению задач, которые могли быть решены еще до входа ВС в их зону.

В статье учтен международный опыт решения проблемы, показана возможность и методы упорядочивания потока ВС в секторах районного центра, предложены изменения в технологии работы диспетчеров, а также предложено рассмотреть данную проблему с точки зрения автоматизации ее решения.

Ключевые слова: упорядочивание потока ВС, пропускная способность, структура воздушного пространства, metering, AMAN.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с федеральными авиационными правилами «Организация воздушного движения в РФ» [1] одной из задач обслуживания воздушного движения является ускорение и поддержание упорядоченного потока воздушного движения. Однако точного объяснения, что такое упорядоченный поток воздушного движения и в какой момент его необходимо начинать упорядочивать, нет. На примере аэродрома Домодедово рассмотрим необходимость и методы этой процедуры.

За время существования авиации представление об упорядочивании потока ВС менялось. Применялись схемы типа ипподром, point merge, схемы с использованием зональной навигации (тромбоны) и, разумеется, векторение. Отличительной особенностью всех этих схем является то, что они помогают выстраивать очередность и берут на себя часть задач по регулированию потока воздушных судов, чтобы снизить нагрузку на диспетчера, но при большом одновременном наплыве ВС они теряют свою эффективность, и приходится прибегать к зонам ожидания и векторению. Можно сказать, что для их оптимальной работы необходим упорядоченный поток воздушных судов, а если с разных направлений одновременно выйдут по пять ВС без должного интервала, то даже самая совершенная схема STAR не сможет их выстроить. Более того, на процесс векторения и управления скоростями это тоже оказывает большое влияние, т. к. векторение основано исключительно на умении и человеческих возможностях отдельного диспетчера, а ситуация, при которой диспетчер вынужден решать задачи по созданию интервалов между ВС, которые могли бы войти в его зону уже с необходимым продольным интервалом, лишь повышает нагрузку на него. Именно эшелонирование потока ВС на определенные продольные интервалы до входа этих ВС в зону ТМА (terminal manoeuvring area) и является тем самым необходимым упорядочиванием и выстраиванием потока ВС.

ПРИМЕР УПОРЯДОЧЕНИЯ ПОТОКА ВС

Рассмотрим необходимость упорядочивания потока ВС на примере аэропорта Домодедово для различных ситуаций. При работе ВПП 32 (правая) сравним действия и возможности диспетчера для обеспечения наиболее оптимального и экономичного захода на посадку.

Для прибывающих воздушных судов при входе в Московский узловой диспетчерский район (МУДР) установлены ограничения скорости с момента начала снижения с эшелона [2]:

- $V_{пр} 520 \pm 20$ км/ч (280 узлов) или $M 0,8$ (что из них меньше) с крейсерского эшелона полета до эшелона 7600 м (FL250);

- $V_{пр} 500 \pm 20$ км/ч (270 узлов) ниже эшелона 7600 м (FL250) до эшелона 3050 м (FL100);

- $V_{пр} 460 \pm 20$ км/ч (250 узлов) ниже эшелона 3050 м (FL100) до эшелона перехода;

- от ПДЗ GEKLA, ОПРС Марьино (РВ), Аксиньино (АО), Скурыгино (ДР), Климовск (ЛО) до точки 22 км от торца ВПП – 410 ± 20 км/ч (220 узлов);

- после пролета точки на удалении 22 км от торца ВПП уменьшить приборную скорость до 300 ± 20 км/ч (160 узлов) с закрылками в промежуточном положении, шасси убраны.

Помимо ограничений, описанных в АИП РФ, ФАП «Организация воздушного движения в ВП РФ» устанавливает следующие ограничения при управлении приборной скоростью [1].

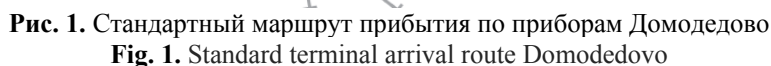
1. На начальном этапе снижения с крейсерского эшелона для турбореактивных воздушных судов орган ОВД не может назначать уменьшение скорости до значения менее 460 км/ч (250 узлов) без согласования с экипажем.

2. Орган ОВД не должен давать указание экипажу на одновременное выдерживание увеличенной скорости снижения и уменьшенной скорости полета.

3. Орган ОВД регулирует скорости полета прибывающих воздушных судов таким образом, чтобы выполнение полета с убранными механизацией и шасси происходило в течение максимально возможного времени. Рекомендуются использовать уменьшение скорости ниже высоты 4550 м (эшелон полета 150) для турбореактивных воздушных судов до значений не менее 410 км/ч (220 узлов), что соответствует минимальной скорости с убранными механизацией и шасси.

4. На промежуточном и конечном этапе захода на посадку органу ОВД следует использовать лишь незначительное изменение скорости, не превышающее ± 40 км/ч (20 узлов).

Исходя из вышеуказанного, смоделируем ситуацию. В районе ПОД Октябрьский (FE) выходит 2 ВС на эшелоне 220 и 240 соответственно, без продольного интервала. Заход будет выполняться на полосу 32 правая по транзитному маршруту FE 1D, по кратчайшей схеме Аксиньино 32А (АО 32А, заход с прямой) (рис. 1). Когда два ВС находятся над одной точкой и следуют на один аэродром, уже нет смысла придерживаться скоростей, указанных в АИП, поэтому целесообразно сразу увеличить скорость первому ВС до 300 узлов, а второму уменьшить скорость до 250 узлов, т. к. ФАП ОВД не рекомендует уменьшать скорость менее 250 узлов до эшелона 150. Получаем разницу в 50 узлов между двумя ВС, хотя фактически она будет меньше, т. к. одно из ВС находится на 2 эшелона выше другого, соответственно оно будет лететь как минимум на 12 узлов быстрее [3]. Необходимый интервал на прямой зависит от заходящих типов ВС, условий полета, состояния ВПП и ограничений, которые требует Домодедово-Вышка. Для расчета возьмем среднее значение – 10 км. Для удобства в расчетах будут использоваться узлы (морские мили в час) и морские мили, т. к. абсолютное большинство ВС используют мили и узлы в своей навигации, а авиационное законодательство РФ также разрешает использовать данные единицы при ОВД [4]. Расстояние, которое необходимо преодолеть от FE до точки ОКМЕЛ (точка начального захода на посадку) равно 65 м.м. (121 км). На основании замеров, произведенных на диспетчерском тренажере в штилевых условиях и в реальной воздушной обстановке в условиях, близких к штилевым, при данных скоростях указанный отрезок первое ВС проходит за 11,5 минут, второе ВС проходит за 15 минут.


$$15_{\text{минут}} - 11,5_{\text{минут}} = 3,5_{\text{минуты}} = 0,058_{\text{часов}}.$$
$$0,058_{\text{часа}} \cdot 200_{\text{члов}} = 11,6_{\text{м.м.}} \approx (21,5_{\text{км}}).$$
$$(250 \div 60) \cdot (60 \div 300) = 0,833_{mm}.$$

54

нам продольный интервал 11 м.м. на прямой и определим, на каком расстоянии этот интервал будет создан:

$$(300 \cdot 11) \div (300 \cdot 0,167) = 65,8_{\text{м.м.}}$$

Данное расстояние соответствует расстоянию от FE до ОКМЕЛ. Оба способа подтверждают, что с двумя ВС в одной точке интервал на прямой составит около 11 м.м. (20 км), при необходимом интервале в 10 км это дает диспетчеру возможность завести еще 1 ВС по схеме между ними, руководя только лишь скоростями. Выходит, что максимум 3 ВС могут выйти к диспетчеру на одинаковом удалении от аэродрома, чтобы задача по упорядочиванию потока и выстраиванию его на посадку была решена лишь управлением скоростями. При заявленной максимальной часовой интенсивности воздушного движения в Домодедово 47–59 ВС/час [5] не требуется лишних подсчетов, чтобы понять, что имеющиеся схемы не справятся с таким потоком, а управление скоростями будет применяться уже при векторении, а не заходе на посадку по схеме.

ПОСТРОЕНИЕ ПОТОКА ВС НА ДАЛЬНИХ РУБЕЖАХ

Каким образом можно разгрузить сектора Подхода от ненужной работы по созданию интервалов между ВС следующих в одном потоке с одного направления? До входа в зону ТМА ВС продолжительное время следуют под управлением секторов Москва-Контроль. В зависимости от времени суток с каждого определенного направления имеется преобладающий поток, например на ПОД FE ВС идут с востока по сектору Пенза-1, либо с юга по секторам Воронеж-3/4, далее Пенза-1.

Таблица 1
Table 1

Пройденное расстояние	5 м.м.	10 м.м.	15 м.м.	20 м.м.	25 м.м.	30 м.м.
Угол отворота						
10°	0,87	1,74	2,61	3,49	4,36	5,23
20°	1,74	3,47	5,21	6,95	8,68	10,42
30°	2,59	5,18	7,76	10,35	12,94	15,53
45°	3,83	7,65	11,48	15,31	19,13	22,96

Соответственно, с восточного направления ВС находятся около 250 км под управлением Москва-Контроль, с южного направления – около 510 км. Чем больше расстояние, тем меньше разница в скоростях нужна между ВС для создания интервалов. Если при входе в зону ответственности Москва-Контроль сектор Воронеж-3 двум ВС будет задана разница в 20 км/ч (разница примерно 0,02 Маха), то на FE будет создан продольный интервал 12 км, тогда сектору Москва-Подход уже надо будет только поддерживать данный интервал и встроить в очередь эти ВС к ВС, следующим с других направлений. Если воздушная обстановка не позволяет в нужный момент произвести регулирование скоростями, то всегда можно прибегнуть к векторению.

Как видно из табл. 1, при одинаковых скоростях отворот на 30 градусов создаст продольный интервал между ВС, равный половине пройденного расстояния. Проще это будет сде-

лать на секторе Пенза-1 до ПОД FE, т. к. затем поток ВС будет ограничен вылетным маршрутом западнее и зонами ограничений восточнее (рис. 2).

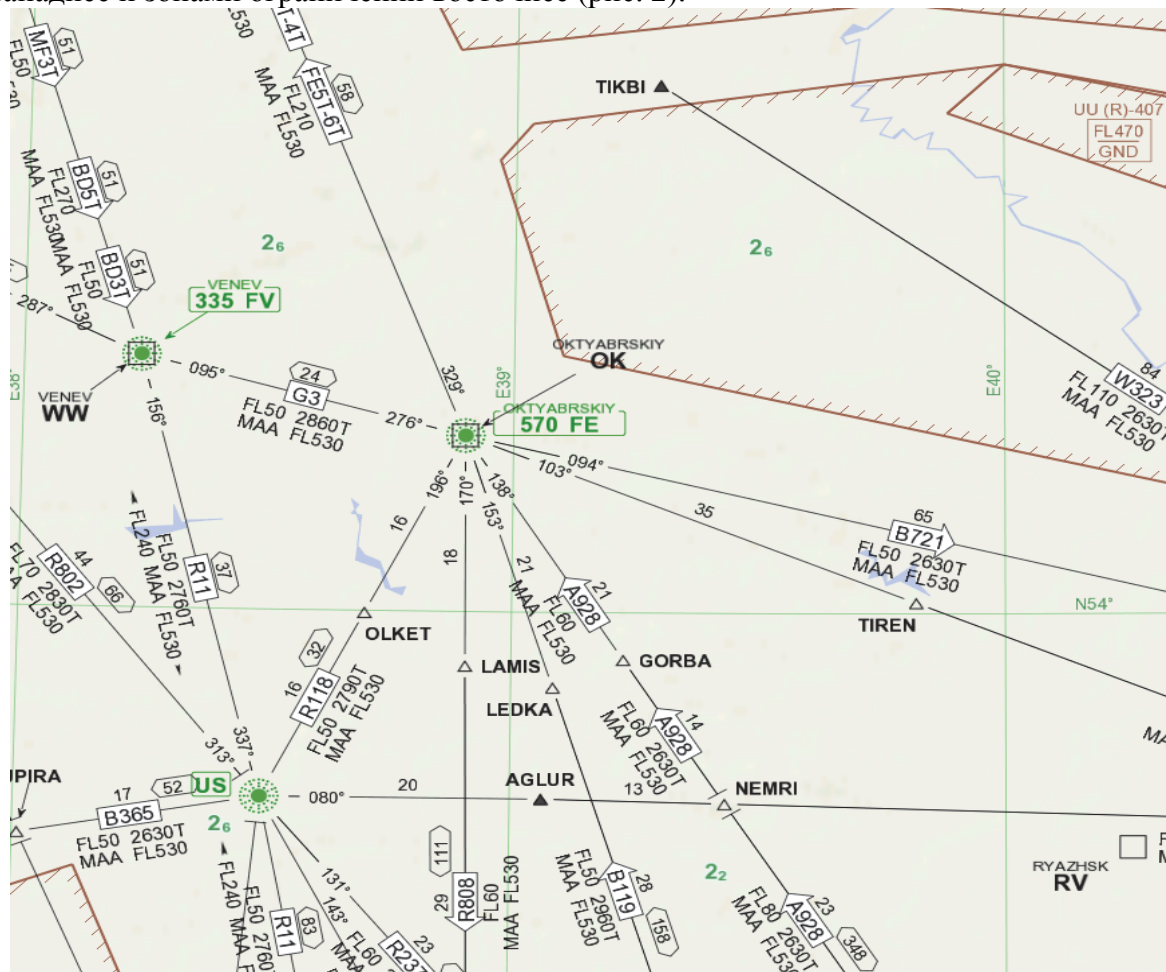


Рис. 2. Зоны ограничений полетов после точки FE
Fig. 2. Restricted areas after point FE

Если проанализировать зарубежный опыт, то такие методы упорядочивания потоков применяются там уже давно. Существует специальный термин – metering point (точка, на которую растягивается прибывающий поток ВС), в нашем случае такой точкой будет FE. Более того, во многих загруженных зонах в технологиях работы диспетчеров прописано, что сектор Контроля должен выводить ВС на сектор Подхода с продольным интервалом вне зависимости от того, на каких эшелонах эти ВС; находятся, так, например, в Париже требуемый интервал 8 м.м. [6]. Также там используются современные средства автоматизации, как, например, arrival manager (AMAN), который анализирует весь поток ВС, прибывающих на конкретный аэродром со всех направлений, и выдает необходимые рекомендации по эшелонированию. Например, в Лондоне (а/п Хитроу) подобный анализ начинается в радиусе 160 м.м. от аэропорта, но в данный момент идут работы по увеличению радиуса до 500 м.м. [7].

ВЫВОДЫ

Отложенное упорядочивание потока ВС оказывает повышенную нагрузку на сектора Подхода, снижая пропускную способность сектора. Своевременное управление скоростями и, при необходимости, векторение на секторах РЦ сможет выстроить ВС с необходимым интервалом на вход в зону ТМА, что в свою очередь избавит сектора Подхода от лишней работы по созданию интервалов в ограниченном пространстве. Подобные методы должны быть описаны в

технологиях работы диспетчеров, как это сделано во многих загруженных аэропортах мира, где давно и активно применяются такие методы организации потоков. Данная проблема актуальна и продолжает исследоваться, при этом создаются современные средства автоматизации, позволяющие более точно и эффективно упорядочивать потоки ВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральные авиационные правила «Организация воздушного движения в РФ». Утв. Минтрансом РФ 25.11.2011, № 293.
2. Сборник Аэронавигационной информации АИП РФ.
3. Организация воздушного движения. Документ ИКАО Doc 4444 ATM/501. 15-е изд. ИКАО, 2007.
4. Федеральные авиационные правила «Порядок осуществления радиосвязи в воздушном пространстве Российской Федерации». Утв. приказом Министерства транспорта РФ от 26 сентября 2012 г. № 362.
5. Сайт Московского центра автоматизированного управления воздушным движением [Электронный ресурс]. URL: <http://www.atcm.ru/proizvodstvo/organizatsiya-vozdushnogo-dvizheniya> (дата обращения 14.02.2017).
6. Favennec B., Rognin L., Trzmiel A., Vergne F., Zeghal K. Point Merge in Extended Terminal Area [Электронный ресурс]. URL: http://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/document/eec/report/2010/012_Point_Merge_in_extended_TMA.pdf (дата обращения 14.02.2017).
7. Сайт поставщика аэронавигационного обслуживания в УК (NATS) [Электронный ресурс]. URL: http://nats.aero/blog/wp-content/uploads/2013/07/EAMAN_11July.pdf (дата обращения 14.02.2017).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Ассоров Никита Александрович, авиадиспетчер МЦ АУВД, nikssor@yandex.ru.

ON THE ARRIVAL TRAFFIC FLOW ORGANIZATION

Nikita A. Assorov¹

¹Moscow Air Traffic Control Centre

ABSTRACT

This article is about air traffic flow organization, ICAO regulations describe the organizing of traffic flow as one of the purposes of air traffic control, but they don't state exactly at what point the flow has to be organized and metered. The flight phase, where air traffic controller interferes with his instructions in order to begin organizing of all aircraft landing at a certain airport depends on the actual traffic volume per hour, airspace capacity and design.

The example of air traffic situation in Moscow Domodedovo airport is described in the article, with runway 32 right in use, no significant weather, real usage of STARs, considering all the ICAO and Russian Federation regulations regarding speed control with the restrictions mentioned in AIP of Moscow Domodedovo. The purpose of the experiment is to prove the need of metering the air traffic flow on the entry points in Moscow TMA, because in case of unorganized air traffic flow approach controllers will have additional unnecessary workload.

The conducted calculations show, that only 3 aircraft entering TMA on the same distance from initial approach point can be handled using only speed control and existing standard arrival procedures, in all other cases vectoring or holding areas should be used.

In order to avoid such situations and increase the number of the aircraft that can be handled by the approach controller with less instructions, all the traffic arriving on the TMA entry point has to be metered by area control centre, because the air traffic control unit has much more space and time for long term speed control modifications, e.g. $\pm 0,02$ Mach.

In conclusion a simple rule comes to mind – the bigger inbound traffic is, the earlier one has to organize it, in order to do it speed control, radar vectors, miles-in-trail can be used. Also new equipment and technology can help air traffic controller with this task, e.g. AMAN (arrival manager), in addition to this, the experience of London Heathrow airport, which increases the AMAN horizon from 150 nm to 600 nm, has to be studied by all concerned air traffic providers.

Key words: air traffic flow organization, bandwidth, capacity metering, AMAN, airspace pattern.

REFERENCES

1. *Federalnyie aviatsionnyie pravila «Organizatsiya vozdušnogo dvizheniya v RF»*. ["Air Traffic Management in the Russian Federation"]. *Utv. Mintransom RF 25.11.2011*, N 293. (in Russian)
2. *Sbornik Aeronavigatsionnoy informatsii AIP RF* [Aeronautical information publication of Russian Federation (AIR Russian)]. (in Russian)
3. *Organizatsiya vozdušnogo dvizheniya* [Air Traffic Management]. Dokument ICAO Doc 4444 ATM/501. 15-e izd. ICAO, 2007. (in Russian)
4. *Federalnyie aviatsionnyie pravila "Poryadok osuschestvleniya radiosvyazi v vozdušnom prostranstve Rossiyskoy Federatsii"* [Radiotelephony regulations in the airspace on Russian Federation]. *Utv. prikazom Ministerstva transporta RF ot 26 sentyabrya 2012 g.* N 362. (in Russian)
5. *Sayt Moskovskogo tsentra avtomatizirovannogo upravleniya vozdušnyim dvizheniem* [Moscow Air Traffic Control Center website]. URL: <http://www.atcm.ru/proizvodstvo/organizatsiya-vozdušnogo-dvizheniya> (accessed: 14.02.2017). (in Russian)
6. **Favennec B., Rognin L., Trzmiel A., Vergne F., Zeghal K.**, Point Merge in Extended Terminal Area. URL: http://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/document/eec/report/2010/012_Point_Merge_in_extended_TMA.pdf (accessed: 14.02.2017).
7. *Sayt postavschika aeronavigatsionnogo obsluzhivaniya v UK (NATS)* [Air navigation service provider in the UK]. URL: http://nats.aero/blog/wp-content/uploads/2013/07/EAMAN_11July.pdf (accessed: 14.02.2017).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Nikita A. Assorov, Air Traffic Controller in Moscow Air Traffic Control Centre, nikssor@yandex.ru.

Поступила в редакцию 22.02.2017
Принята в печать 27.05.2017

Received 22.02.2017
Accepted for publication 27.05.2017