

УДК 629.735.33

## АЛГОРИТМ ПРЕДТАКТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА\*

В.В. ВОРОБЬЕВ, А.С. ХАРЛАМОВ

В статье рассматривается организация планирования использования воздушного пространства (ИВП) в Российской Федерации. Одним из основных параметров, используемых при планировании использования воздушного пространства, являются нормы пропускной способности (НПС) для различных секторов. Для избежания превышения НПС разработан алгоритм предтактического планирования ИВП, который был опробован на тренажере типа вышка «Синтез-ТЦ-В», в результате чего значительно повысилась эффективность планирования ИВП.

**Ключевые слова:** планирование использования воздушного пространства, пропускная способность органов ОВД, задержки рейсов.

### Введение

В летние периоды в аэропортах московского узлового диспетчерского района совершается более 2000 взлетно-посадочных операций в сутки. По данным Госкорпорации по ОрВД в РФ за 2013 г. было обслужено 790 553 рейса, что на 5,8% больше, чем за 2012 г. Около 60% от этого количества приходится на московскую воздушную зону (МВЗ). В условиях такой высокой интенсивности любая задержка может вызвать цепную реакцию ошибок, в результате чего прилетающие воздушные суда (ВС) находятся в зонах ожидания в очереди на посадку, а вылетающие простаивают в очереди на земле. Это создает дополнительную нагрузку на пилотов и диспетчеров, вследствие чего ухудшаются показатели безопасности полетов, а также авиакомпании несут финансовые потери, а пассажиры рискуют не успеть на стыковочные рейсы. В аэропортах московского узлового диспетчерского района (Внуково, Шереметьево, Домодедово) существуют проблемы задержек рейсов, особенно на вылет. Одна из причин сложившейся ситуации – это недостатки в планировании полетов, в результате чего количество фактически выполняемых рейсов превышает пропускную способность ВПП Московских аэропортов [1].

### Планирование воздушного движения

Планирование воздушного движения является этапом функционирования систем управления воздушным движением, в значительной степени определяющим эффективность системы ОрВД в целом. Процесс планирования разделяется на стратегическое, предтактическое и тактическое [2].

Стратегическое планирование использования воздушного пространства осуществляется за 2 и более суток до дня использования воздушного пространства с целью согласования вопросов, связанных с организацией использования воздушного пространства и его обеспечением. Его результатом является расписание движения воздушных судов на длительный период (летний или зимний). Летний период начинается с последнего воскресенья марта по последнюю субботу октября. Зимнее расписание начинается с последнего воскресенья октября по последнюю субботу марта.

Предтактическое планирование использования воздушного пространства осуществляется накануне дня использования воздушного пространства с целью распределения воздушного

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-08-05424.

пространства по месту, времени и высоте. При этом используются результаты стратегического планирования, составляются планы воздушного движения на предстоящие сутки, а также учитываются дополнительные факторы, к которым относятся дополнительные заявки на полеты, ограничения на полеты.

Тактическое планирование использования воздушного пространства осуществляется в процессе выполнения суточного плана путем перераспределения воздушного пространства по времени, месту и высоте с целью обеспечения безопасности спланированной деятельности и деятельности, планы которой поступают в текущие сутки.

В России действует система планирования воздушного движения, состоящая из трех уровней единой системы организации воздушного движения (ЕС ОрВД): главный центр, зональные центры и районные центры. В соответствии с Федеральными авиационными правилами об использовании воздушного пространства (ИВП), планирование использования воздушного пространства осуществляется:

– главным центром ЕС ОрВД – в воздушном пространстве классов А и С на основании планов (расписаний, графиков) использования воздушного пространства, по которым главный центр выдает разрешение на ИВП (международные рейсы, а также рейсы, пересекающие более двух зон);

– зональным центром ЕС ОрВД – в воздушном пространстве классов А и С, а также в воздушном пространстве класса G в отношении полетов беспилотных летательных аппаратов своей зоны на основании планов (расписаний, графиков) использования воздушного пространства, по которым зональный центр выдает разрешение на ИВП;

– районным центром ЕС ОрВД – в воздушном пространстве классов А и С, а также в воздушном пространстве класса G в отношении полетов беспилотных летательных аппаратов и деятельности, не связанной с полетами воздушных судов своего района, на основании планов (расписаний, графиков) использования воздушного пространства, по которым районный центр выдает разрешение на ИВП.

При такой трехуровневой системе планирования (рис. 1) возможны случаи, когда, например, в главном центре могут не учесть план, совершаемый в границах ответственности зонального центра. Поэтому предсказываемая им нагрузка может оказаться недостоверной.

Еще один недостаток – это отсутствие обратной связи, т.е. орган планирования не имеет инструментов воздействия на эксплуатантов в случае возникновения необходимости в корректировке заявок.

Также необходимо отметить, что несмотря на значительную интенсивность воздушного движения, в Европейских аэропортах задержки существенно меньше. В Евроконтроле планы полетов передаются в Центральную подсистему организации планирования воздушного движения [3] для организации планирования на этапах стратегического, предтактического и тактического планирования. Для расчета маршрутов полета и передачи их в автоматизированные центры управления воздушным движением используется система начальной обработки планов полетов IFPS (Initial Flight Plan Processing System).

Необходимо отметить, что в IFPS осуществляется корреляция информации планов полетов по данным радиолокационной обработки от авиационной телекоммуникационной сети ATN (Aeronautical Telecommunication Network), а там, где она отсутствует, передается экипажам по линии передачи данных системы Адресно-отчетная система авиационной связи ACARS (Aircraft Communication Addressing and Reporting System).

Таким образом автоматизированная система управления воздушным движением получает информацию высокой точности; по этой причине нет необходимости ее обработки в самом центре управления.



Рис. 1. Планирование ИВП

Качество решения задачи планирования оценивается, прежде всего, эффективностью использования результатов предтактического и тактического планирования. Это проявляется во влиянии планирования на главные показатели эффективности функционирования системы ОрВД в целом, в том числе и на показатели безопасности полетов. При этом необходимо, чтобы при планировании воздушного движения не было превышения пропускной способности секторов ОрВД. Пропускная способность для диспетчерских пунктов (секторов) выражается количеством воздушных судов в единицу времени, управление движением которых может безопасно обеспечиваться органами ОрВД.

Для использования в расчетах при планировании используются нормативы пропускной способности (НПС), которые рассчитываются согласно методике, определенной в приказе от 07.11.2012 г. №757 Росавиации «Об утверждении Методики определения нормативов пропускной способности диспетчерских пунктов (секторов) обслуживания воздушного движения» [4].

Согласно данной методике, при изменении одного из факторов, включенного в данную методику, требуется пересчет НПС диспетчерских пунктов (секторов). Следовательно, планируемое количество полетов должно быть меньше планируемого НПС. Это неравенство должно являться основой алгоритма планирования, в том числе предтактического. Ведь при предтактическом планировании, учитывающем результаты стратегического, составляется расписание на следующий день. Для автоматизации процесса планирования в статье представлен алгоритм предтактического планирования использования воздушного пространства.

### Алгоритм предтактического планирования

В случае прогнозирования превышения потребностей в использовании воздушного пространства над НПС необходимо рационально скорректировать планы полетов таким образом, чтобы были ликвидированы перегрузки элементов и не возникло бы новых.

Место коррекции в общей итеративной процедуре планирования потоков определяется следующей схемой ее проведения:

- прием всех заявок авиаперевозчиков и данных об изменении расписания на день планирования;
- формирование суточного плана на этот день;
- анализ предполагаемого состояния загрузки системы;
- выявление возможных перегрузок;
- принятие решения о необходимости скорректировать планируемый поток для приведения в соответствие потребностей пользователей с НПС;
- решение задачи коррекции планов полетов отдельных рейсов с целью ликвидации перегрузок воздушного пространства;
- выработка рекомендаций для авиаперевозчиков по рациональному изменению их заявок.

При планировании в первую очередь следует учитывать пропускную способность взлетно-посадочной полосы (ВПП), поэтому необходимо составление уточненного плана ее использования (предположим, что пропускная способность ВПП ниже пропускной способности инфраструктуры аэропорта).

На пропускную способность инфраструктуры аэропорта влияет эффективность и скоординированность работы всех наземных служб, особенно в пиковые часы. Для оптимизации управления вылетающими и прилетающими потоками ВС используются технологии менеджера прилета AMAN (Arrival Manager) [5] и менеджера вылета DMAN (Departure Manager). Технология AMAN предназначена для автоматизированного создания потока воздушных судов на прилет, и точного расчета времени прибытия с учетом технических характеристик прилетающих ВС, погодных условий, плановой и радиолокационной информацией и других факторов. Технология DMAN является инструментом планирования для оптимизации вылетающего потока ВС в аэропортах путем расчета времени руления и отрыва от ВПП на основе одобренного времени запуска для каждого рейса, принимая во внимание ряд ограничений и предпочтений. В России данные технологии пока не применяются.

Схема алгоритма приведена на рис. 2.

Данный алгоритм предусматривает вычисление изменения времени вылета и маршрута. Алгоритмы для этих действий должны учитывать весовые коэффициенты для сведения к минимуму переноса вылета и изменения маршрута в условиях высокой интенсивности воздушного движения. Основная цель алгоритма – снизить задержки от расписания.

### Результаты полунатурного моделирования качественного модельного применения алгоритма

Для полунатурного моделирования алгоритма предтактического планирования было использовано расписание рейсов в аэропорту Внуково за 28.01.2015 г. [6]. Данные были введены в тренажер типа вышка «Синтез-ТЦ-В», установленный во Внуковском центре обслуживания воздушного движения.

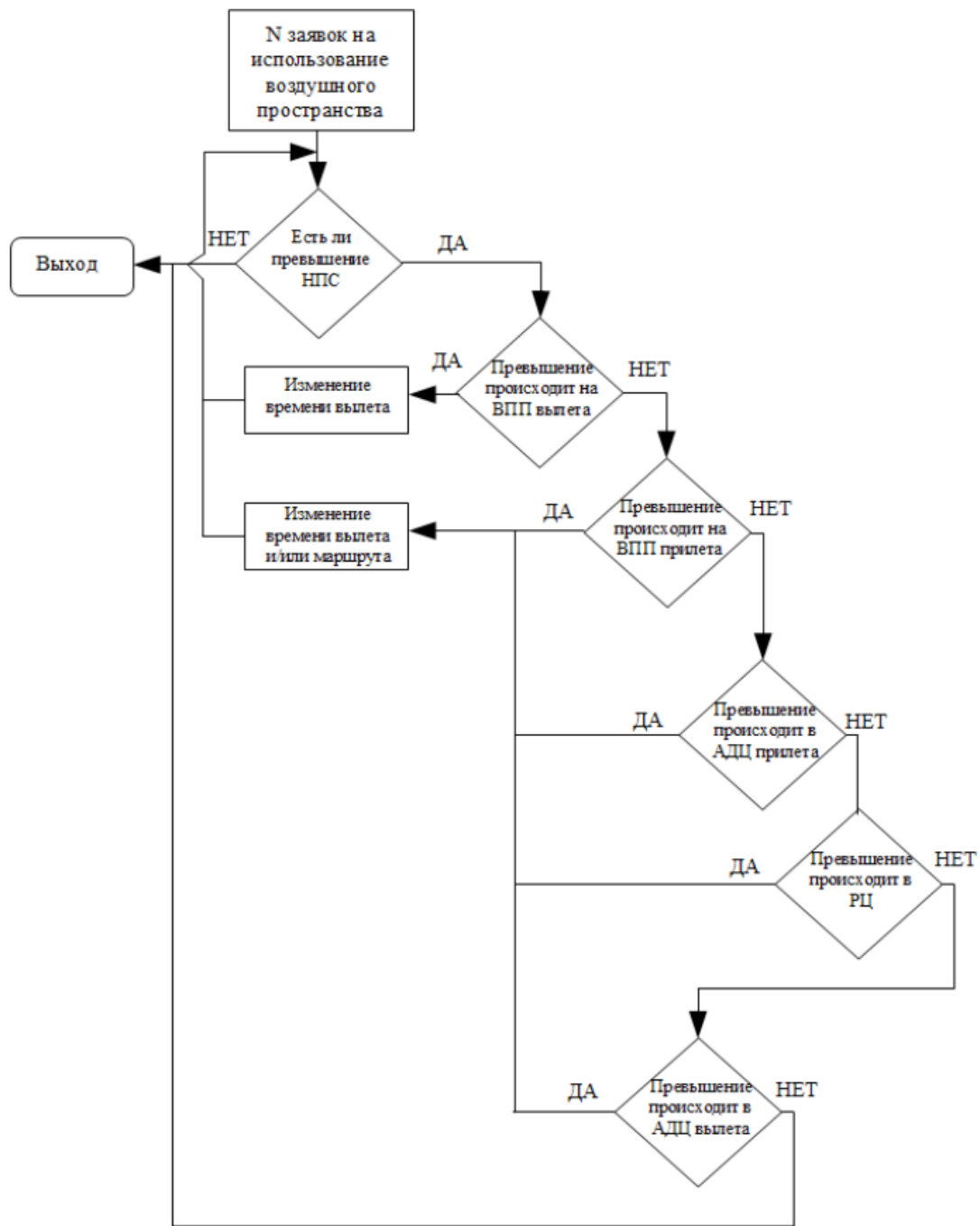


Рис. 2. Алгоритм предтактического планирования

В результате анализа был составлен график пунктуальности вылетов и прилетов за трехчасовые интервалы времени (рис. 3). Задержанным считался рейс, если его фактическое время прилета/вылета отличалось более чем на 15 мин от расчетного.

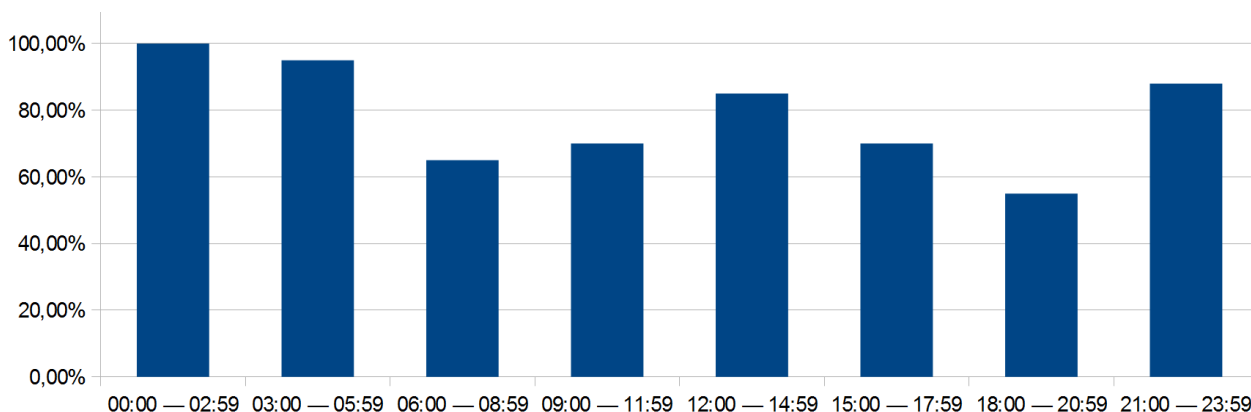


Рис. 3. Задержки рейсов

Как видно из графика, наибольшие задержки происходят в периоды времени с 06:00 до 08:59 и с 18:00 до 20:59. В эти периоды имеет место наибольшая интенсивность воздушного движения. Результатом полунатурного качественного модельного применения алгоритма предтактического планирования стала 100% пунктуальность рейсов за счет «сглаживания» пиков (все расписание было исполнено вовремя).

### Заключение

Приведенный алгоритм может быть использован только для составления расписания на предстоящие сутки (предтактическое планирование), так как он не учитывает факторы, которые могут случиться в день выполнения расписания (погодные условия, литерные рейсы, форсмажорные обстоятельства). Также следует обратить внимание на блок «изменение времени вылета и/или маршрута» в алгоритме. Так как подобное изменение может вызвать недовольство пользователей воздушного пространства, следует составить отдельный алгоритм, который бы обрабатывал каждый план полета и в зависимости от весовых коэффициентов, введенных в алгоритм, присваивал приоритет каждому рейсу на корректировку. Это позволило бы создать общие правила для формирования расписания в условиях большой загруженности аэропортов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов А.Н., Воробьев В.В., Харламов А.С. К вопросу об организации планирования воздушного движения // *Научный Вестник МГТУ ГА*. 2014. № 206. С. 7-11.
2. ФАП. Организация планирования использования воздушного пространства Российской Федерации.
3. *Eurocontrol Capacity Assessment & Planning Guidance*. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eurocontrol.int>.
4. Об утверждении Методики определения нормативов пропускной способности диспетчерских пунктов (секторов) органов обслуживания воздушного движения: приказ Росавиации от 07.11.2012 г. № 757.
5. Мутовкин В.П., Бобряков В.Г. Организация планирования воздушного движения в Европейском регионе и в России. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ato.ru>.

### ALGORITHM OF AIR TRAFFIC PRE-TACTICAL PLANNING SYSTEM

Vorobyev V.V., Kharlamov A.S.

The organization of air traffic management planning in Russian Federation is examined in this article. The capacity of the sectors is one of the main parameters, used with air traffic management planning. The algorithm of pre-tactical air traffic management planning is designed to avoid excess of the capacity of the air traffic on the pre-tactical phase. This algorithm was tested using the simulator tower type "Sintez-TC-V". The result of it is increase of the efficiency of air traffic management planning.

**Keywords:** planning of air traffic, air traffic control system capacity, flight delays.

#### REFERENCES

1. **Akimov A.N., Vorob'ev V.V., Kharlamov A.S.** К вопросу об организatii планирования воздушного движения. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA*. 2014. № 206. Pp. 7-11. (In Russian).
2. **FAP.** *Organizatsia planirovaniya ispol'zovaniya vozdušnogo prostranstva Rossiyskoy Federatsii*. (In Russian).
3. *Eurocontrol Capacity Assessment & Planning Guidance*. URL: <http://www.eurocontrol.int>.
4. Об утверждении Методики определения нормативов пропускной способности диспетчерских пунктов (секторов) органов обслуживания воздушного движения: приказ Росавиации от 07.11.2012 г. № 757. (In Russian).
5. **Mutovkin V.P., Bobr'yakov V.G.** *Organizatsia planirovaniya vozdušnogo dvizheniya v Evropeyskom regione i v Rossii*. URL: <http://www.ato.ru>.

#### Сведения об авторах

**Воробьев Вадим Вадимович**, 1962 г.р., окончил Харьковское ВВАИУ (1985), доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ ГА, автор более 80 научных работ, область научных интересов – активное обеспечение безопасности полетов воздушных судов.

**Харламов Андрей Сергеевич**, 1985 г.р., окончил МГТУ ГА (2007), аспирант МГТУ ГА, ведущий инженер тренажерного центра Внуковского центра обслуживания воздушного движения, область научных интересов – безопасность полетов, управление воздушным движением.