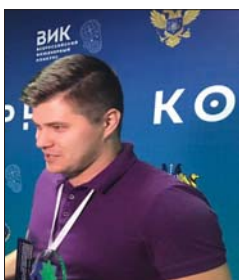


## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА МОСКОВСКОГО УЗЛОВОГО ДИСПЕТЧЕРСКОГО РАЙОНА



### Кулаков Михаил Викторович

Московский государственный технический университет  
гражданской авиации



### Чехов Игорь Анатольевич

Доцент, к. в. н., доцент Московского государственного технического  
университета гражданской авиации

**Аннотация.** Вследствие постоянно растущей интенсивности потоков воздушных судов (ВС) норматив пропускной способности конкретного сектора воздушного пространства достигает своего максимального заданного значения. Более чем 60% всего воздушного трафика Российской Федерации (РФ) приходится на московскую воздушную зону (МВЗ) и его интенсивность постоянно растет. Эффективная организация воздушного движения в аэроузловом диспетчерском районе зависит от способности органов обслуживания воздушного движения (ОВД) грамотно согласовывать между собой очередность прибытия и вылета воздушных судов при имеющейся интенсивности воздушного движения, запретах и ограничениях на использование воздушного пространства (ИВП), метеорологических условиях и иных факторах. В данном проекте рассматриваются проблемные аспекты взаимодействия органов ОВД, приводящие к задержкам рейсов вылетающих и заходящих на посадку воздушных судов, влияющие на безопасность, эффективность и регулярность воздушного движения. Описаны принципы организации взаимодействия смежных секторов ОВД, осуществляющих аэродромное диспетчерское обслуживание (АДО) в Российской Федерации. Приведено описание процесса взаимодействия органов ОВД аэропорта Остафьево с диспетчерами смежных диспетчерских пунктов. Такими пунктами являются: диспетчерский пункт круга (ДПК) Внуково, ДПК Домодедово, вспомогательный диспетчерский пункт подхода (ВДПП) Внуково Подход-1 и ВДПП Внуково Подход-2. Произведен анализ существующей технологии взаимодействия органов ОВД, осуществляющих управление воздушным движением (УВД) в одном аэроузле. Представлен проект по улучшению структуры воздушного движения, который при его применении обеспечит улучшение взаимодействия органов ОВД на рубежах приема-передачи управления, позволит сэкономить значительные денежные средства, повысит уровень безопасности полетов.

**Ключевые слова:** Московский аэроузел, безопасность полетов, экономия, обслуживание воздушного движения, воздушное судно, аэродром, пропускная способность, аэроузел, взаимодействие органов обслуживания воздушного движения.

**Abstract.** Due to the constantly increasing intensity of the flow of aircraft, the capacity of a particular sector of airspace reaches its predetermined normative. More than 60% of all air traffic of the Russian Federation falls on the Moscow airspace and its intensity is constantly growing. The effective organization of air traffic in an aero-node control area depends on the ability of air traffic controllers to correctly align the order of arrival and departure of aircraft with the existing traffic intensity, prohibitions and restrictions, meteorological conditions and other factors. This article discusses the problematic aspects of the coordination between ATC units, leading to delays in departing and approaching aircraft, affecting the safety, efficiency and regularity of air traffic. The rules of coordination between adjacent ATC sectors, providing aerodrome dispatching service in the Russian Federation are described. The description of the coordination process between the Ostafievo Airport ATCs and the controllers of adjacent dispatch centers is given. Such adjacent ATCs are: the Vnukovo-Radar, the Domodedovo-Radar, the FIS Vnukovo-1 and the FIS Vnukovo-2. Recommendations are presented which, when applied, will help to improve the effectiveness of the coordination system between ATC units.

**Введение**

В данном инженерном проекте объектом исследования является структура воздушного пространства (ВП) московского узлового диспетчерского района (МУДР).

Цель работы – повышение уровня безопасности полетов, снижение топливных расходов авиационных перевозчиков, снижение уровня загрязнения воздуха и уровня шума в районе аэродрома.

Степень внедрения – получен и оценен усовершенствованный рубеж приема-передачи управления между органами обслуживания воздушного движения (ОВД) аэродрома Внуково и аэродрома Остафьево.

Рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов проекта – произвести изменение рубежа приема-передачи управления между органами ОВД.

Область применения: аэродромы гражданской и государственной авиации, службы органов ОВД, вертолетные площадки, посадочные площадки, научно-исследовательские центры гражданской авиации, тренажеры по управлению воздушным движением учебных заведений гражданской авиации.

Значимость проекта: использование полученных результатов при совершенствовании структуры воздушного пространства России.

Правительством Российской Федерации (РФ) постоянно проводится работа, направленная на совершенствование структуры ВП МУДР. Была поставлена задача представить в Правительство РФ предложения по совершенствованию структуры воздушного пространства МУДР в целях повышения пропускной способности, в том числе, с учетом сокращения запретных зон и зон ограничения полетов.

Существующие в настоящее время структура ВП и технология взаимодействия органов ОВД в районе основных аэродромов МУДР не обеспечивают растущую интенсивность воздушного движения. Данное положение возникло вследствие [1;2]:

- Не соответствующей современным реалиям системе ОВД;
- Значительного количества конфликтных точек на рубежах приема-передачи управления между смежными секторами ОВД;

Основанием для выполнения проекта является Концепция создания и развития аэронавигационной системы России, одобренная Правительством Российской Федерации.

Целью проекта является разработка новых рубежей приема-передачи управления между органами ОВД МУДР согласно планируемого перехода от существующей структуры МУДР к новой.

Актуальность проекта определяется:

- Необходимостью повышения пропускной способности МУДР;
- Необходимостью применения требований по снижению шумового воздействия, эмиссионных выбросов CO<sub>2</sub>, использованию малозумных маршрутов и траекторий для аэропортов Внуково, Домодедово, Шереметьево, Остафьево и Жуковский,

с учетом интересов граждан, проживающих в зонах с особыми условиями использования территории;

- Необходимостью соответствия требованиям, установленным Doc 8168. Правила аэронавигационного обслуживания. Производство полетов воздушных судов (ВС), ИКАО [8];
- Необходимостью создания независимых взлетно-посадочных операций аэродромов МУДР;
- Согласованием маршрутов перелета между аэродромами МУДР.

Произведен анализ существующей технологии взаимодействия органов ОВД, осуществляющих управление воздушным движением (УВД) в одном аэроузле.

Предложена модель по совершенствованию существующих рубежей приема-передачи управления между органами ОВД.

**Основная часть**

Плохо организованное взаимодействие органов ОВД приводит к задержкам, скапливанию очередей из ВС на взлетно-посадочной полосе (ВПП), рулежных дорожках (РД) и перроне. Процесс согласования между диспетчерами накладывает свой отпечаток на организацию потоков вылетающих и прилетающих воздушных судов. При анализе организации потоков прилетающих ВС в дело вступает самый важный в авиации фактор – безопасность полетов. Прибывающее ВС постоянно находится в динамике. Оно не может остановиться и подождать. Воздушная обстановка меняется каждую секунду. Таким образом, диспетчеры смежных секторов зависят друг от друга.

Особого внимания требует взаимодействие органов ОВД смежных аэродромов, объединенных в один аэроузел. В соответствии с федеральными правилами использования воздушного пространства (ФП ИВП) [2] аэроузел – это объединение близко расположенных районов аэродромов (вертодромов), которые имеют общие границы, и организация выполнения полетов с которых требует согласования и координирования. В узловом диспетчерском районе пропускная способность взлетно-посадочной полосы любого из отдельно взятых аэродромов этого аэроузла зависит как в частности, так и в целом от взаимодействия всех органов ОВД, предоставляющих аэродромное диспетчерское обслуживание как единого слаженного механизма, обеспечивающего необходимый уровень пропускной способности [7].

Пропускная способность ВПП определяется по формуле:

$$\mu_{\text{впп}} = 1 / T_{\text{впп}}$$

где 1 – Планируемое количество ВС в час.

$T_{\text{впп}}$  – время занятости воздушным судном ВПП.

Рассмотрим аэропорт московского узлового диспетчерского района – Остафьево. Он находится между двумя крупными аэропортами – Внуково и Домодедово. Расстояние от контрольной точки аэродрома (КТА) Остафьево до КТА Внуково 18 километров, а до КТА Домодедово 26 км. Аэродром Остафьево

является аэродромом совместного базирования. Севернее в 10-ти км. расположена запретная зона UUP53-A – город Москва. Взаимодействие органов ОВД затруднено. Зона взлета и посадки (ЗВП) каждого из этих трех аэродромов накладываются друг на друга. Точки соприкосновения различны в зависимости от курса рабочей ВПП каждого из аэродромов соответственно. Взаимное расположение ЗВП Внуково, Остафьево и Домодедово, а также запретной зоны UUP53-A представлены на рис. 1.



Рис. 1. Карта взаимного расположения аэродромов

Остафьево имеет ВПП длиной 2050 м. и шириной 48 м. Магнитный курс взлета/посадки  $075^{\circ}/255^{\circ}$ . При работе ВПП 26 диспетчер диспетчерского пункта старта и руления (ДПСР) согласует вылет воздушного судна с диспетчером ДПК Внуково. При работе ВПП 08 диспетчер ДПСР уже должен согласовывать вылет с ДПК Внуково и ДПК Домодедово. В обоих случаях непосредственно перед выдачей диспетчерского разрешения на вылет (ATC Clearance) экипажу ВС диспетчер ДПСР или объединенного диспетчерского пункта «Вышка» должен уточнить наличие плана полета в системе у диспетчера круга и получить присвоенный код бортового ответчика (Squawk code). В то время как вылетающее ВС находится в процессе руления, диспетчер Остафьево должен согласовать с диспетчером круга условия выхода ВС из района аэродрома (высота и курс). При работе с ВПП 08 и в зависимости от точки выхода, проинформировать диспетчера круга Внуково или Домодедово о вылете ВС, не заходящего в его зону. Непосредственно перед взлетом получить разрешение от диспетчера круга на взлет. В случае наличия в данный момент прибывающего вертолета по правилам визуальных полетов (ПВП) требуется одновременное взаимодействие с тремя органами – ДПК Внуково, ДПК Домодедово и ВДПП Внуково. При производстве полетов ВС МО – согласования с РП КДП Остафьево. И все время, затраченное на данное взаимодействие органов ОВД, воздушное судно, экипаж которого ожидает разрешение на взлет, впустую сжигает топливо. Взаимодействие происходит по ГГС. Загруженность диспетчера круга Внуково/Домодедово в часы пик крайне велика. Нередко диспетчеру ДПСР приходится ждать момента, когда у диспетчера круга появится время для согласования условий вылета

ВС и вообще возможность такого вылета. Фраzeология должна быть краткая, быстрая и по существу. Диспетчер загруженного сектора не должен отвлекаться на затяжное и в основном пустое обсуждение условий выхода ВС из района аэродрома.

Географическая точка (г.т.) OSTIS находится на удалении 3,3 км от торца ВПП 08 Остафьево в том же месте, где расположен дальний приводной радиомаяк (ДПРМ) NW. Географическая точка OSTIS является IAF (Initial approach fix) нескольких схем захода на посадку во Внуково. В горизонтальной плоскости точка OSTIS находится в районе аэродрома Остафьево (рис. 2).

Прибывающие во Внуково ВС, находящиеся под управлением диспетчера круга, будут проходить г.т. OSTIS на высоте 600 м. Разберем ситуацию, когда с Остафьево вылетает ВС. Вследствие преобладающих ветров западного направления часто используется курс ВПП 26. По высоте диспетчер ДПСР (диспетчерский пункт системы посадки) осуществляет УВД до 400 метров включительно. Первоначальная минимальная высота набора высоты для ВС – это тоже 400 м. В среднем самолет достигает данной высоты на удалении 3 – 4 км от торца ВПП. При условии, что борт набирает высоту по курсу взлета, он достигнет высоты 400 м над ДПРМ NW. В соответствии с ФП ИВП минимальное горизонтальное эшелонирование при АДО – не менее 5 км [2]. Получается, что при одновременном взлете ВС с Остафьево и подлете прибывающего во Внуково ВС к г.т. OSTIS есть вероятность нарушения вертикального эшелонирования. А именно, 200 м. между бортами вместо необходимых 300 м. Предупредить подобную ситуацию возможно лишь на основе грамотного заблаговременного взаимодействия органов ОВД.

К примеру, диспетчер ДПК Внуково, имеющий точную информацию от диспетчера ДПСР, создает «окно» между прибывающими воздушными судами. Или одно из ВС снижает на 900 м вместо 600 м. В точно назначенное и согласованное время ВС взлетает с Остафьево. В обоих вариантах безопасность и регулярность воздушного движения будет обеспечена.



Рис. 2. Географическая точка OSTIS/ДПРМ NW

Диспетчер Остафьево должен также учитывать возможность внезапного выхода на связь экипажа воздушного судна, выполняющего полет по ПВП на высоте до 450 м MSL (Mean sea level). Подобное воздушное движение малой авиации через зону аэродрома никак не отражается на взаимной работе органов ОВД аэроузла. Но в случае вылета ВС на курсе взлета 255° создается угроза безопасности полетов. Заход на посадку на ВПП 08 ВС, выполняющего полет по правилам полетов по приборам (ППП) тоже не является исключением, так как г. TORSI находится в 3 км от точки входа в глиссаду (ТВГ) (рис. 3).



Рис. 3. Западная часть района аэродрома Остафьево

Как мы можем видеть на рисунке №3, ситуацию усугубляет созданная в 2018 году запретная зона UUP95 (от земли до 250 м MSL (Mean sea level)). Воздушным

судам малой и сверхлегкой авиации приходится ее обходить восточнее, ближе к ВПП Остафьево. Соответственно требуется оперативное и заблаговременное согласование между органами ОВД ВДПП Внуково-подход 1, Остафьево и Внуково-Круг.

Разработка модернизированной структуры воздушного пространства МУДР.

В течение шести месяцев производились наблюдения за процессом согласования между органами ОВД Внуково и Остафьево в отношении вылетающих ВС с аэродрома Остафьево [3;4;5;6]. Воздушные суда, по какой-либо причине не вылетевшие без задержки, записывались специальные карточки регистрации задержек. На основе собранной статистики случаев задержки вылета воздушных судов составлена таблица 1.1. В статье представлены лишь 18 из 280 проанализированных рейсов. За рассматриваемый курс взлета-посадки был взят курс 255 (ВПП 26), преобладающий по времени в использовании. На период наблюдения погода в районе аэродрома не выходила за пределы метеорологических минимумов. Коэффициент сцепления в 95% составлял 0.6. Орнитологическая обстановка в районе аэродрома обуславливалась весенней и осенней миграцией птиц, что требовало повышенного внимания со стороны службы ОВД и аэродромной службы.

Таблица 1

Задержки взлета ВС по различным причинам

№ п/п	№ Рейса	t. зан. ИС	t. взл.	t. зад.	№ п/п	№ Рейса	t. зан. ИС	t. взл.	t. зад.
1	ГЗП9611	08:12	08:27	15	10	TPD160	11:30	11:35	5
2	AAB29C	08:28	08:30	3	11	24050	10:02	10:07	5
3	ГЗП9623	10:05	10:07	2	12	LNx18YF	17:00	17:05	5
4	GOXPP	08:47	08:53	6	13	IGM339	14:24	14:28	4
5	GYFOX	14:02	14:15	13	14	DCS403	18:31	18:36	5
6	IGM339	14:18	14:22	4	15	GHSXP	22:00	22:05	5
7	ГЗП419	16:22	16:36	14	16	VJT981	09:00	09:15	15
8	OXM203	20:18	20:25	7	17	24650	09:27	09:37	10
9	AAB27C	18:33	18:35	2	18...	УГП9868	23:11	23:12	1

t.зан. ИС – время занятия исполнительного старта воздушным судном.

t. взл. – время взлета.

t. зад. – время задержки взлета воздушного судна.

t.ср. – 4.5 мин.

t.ср. – среднее время задержки взлета воздушного судна по различным причинам.

Таковыми причинами являются:

- Воздушная обстановка – 81%.
  - Орнитологические условия, опасные для взлета – 4%.
  - Согласование условий выхода ВС из района аэродрома – 7%.
  - Инициатива экипажа – 3%.
  - Другое – 5%.
- t.ср.в.о – 4.7 мин.

t.ср.в.о. – среднее время задержки взлета ВС по причине обеспечения безопасного эшелонирования (из-за воздушной обстановки).

t.ср.пик. – среднее время задержки взлета ВС в часы пик.

Часы пик – часы утреннего и вечернего возрастающего воздушного движения.

t.ср.пик. – 4.9 мин.

t.ср.в.о.пик – среднее время задержки взлета ВС в часы пик по причине обеспечения безопасного эшелонирования (из-за воздушной обстановки).

t.ср.в.о.пик. – 5.0 мин.

Взаимное расположение географической точки (г.т.) OSTIS и ДПРМ NW, а также предлагаемое решение по вертикальному эшелонированию показаны на рис. 4.



Таблица 2

**Задержки взлета ВС по различным причинам при использовании усовершенствованного рубежа приема-передачи управления**

№ п/п	№ рейса	t. зан. ис	t. взл.	t. зад.	№ п/п	№ рейса	t. зан. ис	t. взл.	t. зад.
1	78565	08:27	08:27	0	22	ГЗП9620	11:35	11:35	0
2	08861	08:30	08:32	2	23	25125	10:07	10:07	0
3	01889	10:07	10:07	0	24	IJM339	17:04	17:05	1
4	ГЗП9622	08:53	08:54	1	25	GYFOX	14:28	14:28	0
5	IJM349	14:15	14:15	0	26	ГЗП9634	18:36	18:38	2
6	ГЗП9611	14:22	14:22	0	27	LNХ18YF	22:05	22:05	0
7	ABC2330	16:36	16:36	0	28	UPG9030	09:15	09:17	0
8	65052	20:25	20:26	1	29	ГЗП416	09:36	09:37	1
9	RA-02343	18:35	18:36	1	30	GOXPP	23:12	23:12	0
10	ГЗП9618	17:09	17:09	0	31	УГП9868	16:25	16:29	4
11	ГЗП9620	21:10	21:10	0	32	ГЗП9632	15:03	15:03	0
12	T7OAY	23:03	23:03	0	33	ГЗП9611	17:07	17:17	10
13	ГЗП9611	09:15	09:15	0	34	TPD169	16:05	16:05	0
14	AAB59C	08:01	08:01	0	35	ГЗП418	08:20	08:20	0
15	УГП9770	08:12	08:14	2	36	AAB26C	05:08	05:10	2
16	LNХ18YF	20:00	20:00	0	37	ГЗП9632	12:12	12:12	0
17	ГЗП9618	16:13	16:13	0	38	24540	08:00	08:00	0
18	AAB26C	13:09	13:09	0	39	ГЗП9620	03:01	03:01	0
19	GHSXP	15:30	15:37	7	40	T7OAY	19:53	19:53	0
20	OXM205	09:39	09:39	0	41	VJT981	04:09	04:09	0
21	LNХ18YF	20:20	20:20	0	42...	GHSXP	17:32	17:32	0

Таблица 3 [7; 9; 10; 11; 12].

**Расход топлива ВС на земле по типам ВС**

Тип ВС	Расход топлива на земле кг/мин	Тип ВС	Расход топлива на земле кг/мин
F900	9	A319	10.3
F7X	10	A320	10.3
АН-24	10	A321	10.3
АН-26	10	E 170	10
АН-12	30	E 175	10
ЯК-42	15	E 190	10
B737	11	E 195	10
A318	10.3		

**Выводы**

Результаты исследования показывают, что после тестового применения усовершенствованного рубежа приема-передачи управления между ДПК Внуково и ПДСР Остафьево t.ср.в.о. и t.ср.в.о.пик. уменьшились на 4,7 мин. и 4,9 мин. соответственно, и стали равны нулю. Т.ср. уменьшилось с 4,5 мин. до 1,6 мин. Задержки по причине воздушной обстановки уменьшились с 81% до 0%. Были исследованы 280 взлетов до и 678 взлетов после применения нового рубежа приема-передачи управления.

Большинство авиаперевозчиков использует авиационный керосин ТС-1, ракетное топливо (РТ). Он используется в гражданской и государственной авиации. Средняя стоимость данного топлива на рынке – 40р/литр [13].

Средний расход топлива всех типов ВС, выполняющих полеты с аэродрома Остафьево, составляет 11,7 кг/мин.

Благодаря введению усовершенствованного рубежа приема-передачи управления между органами ОВД t.ср.в.о. и t.ср.в.о.пик. уменьшиться со

значений 4,7 мин. и 4,9 мин. соответственно, до значений 0 мин. В соответствии с таблицей 3.2 и средней стоимостью топлива ТС-1 экономия по исключению задержки одного вылета ВС составит от 2200 руб. до 2293 руб.

В среднем интенсивность воздушного движения на аэродроме Остафьево составляет 50 ВС/сутки (табл. 1.1). Средняя задержка одного вылета на сутки составляет 4,8 мин. Опираясь на табл. 1.1, табл. 1.2, табл.1.3, среднюю стоимость авиационного керосина [13] предоставляется возможным произвести расчет экономии денежных средств, которую можно получить благодаря усовершенствованию структуры воздушного пространства МУДР в части касающейся рубежа приема-передачи управления между органами ОВД.

Применение данного проекта:

- Обеспечит экономию денежных средств, размер которых в среднем 40435200 руб/год.
- Обеспечит снижение уровня загрязнения воздуха.
- Обеспечит снижение уровня шума в районе аэродрома.

#### Список литературы

1. Отчет о НИР Разработка схем маневрирования для аэродромов Москва (Домодедово), Москва (Шере-

метьево), Москва (Внуково), Остафьево и Раменское. Филиал. «НИИ Аэронавигации» ФГУП ГосНИИ ГА. Москва. 2016.

2. Все о перелетах и самолетах [Электронный ресурс]: <http://nasamoletah.ru/poznavatelno/skolko-samoletov-sejchas-v-nebe.html> (дата обращения: 20.05.2018).
3. «Ostafyevo, Russia», Jeppesen Sanderson, inc., 2018. P. 28.
4. «Vnukovo, Russia», Jeppesen Sanderson, inc., 2018. P. 88.
5. «Domodedovo, Russia», Jeppesen Sanderson, inc., 2018. P. 84.
6. «Ramenskoye, Russia», Jeppesen Sanderson, inc., 2018. P. 65.
7. Руководство по производству полетов авиакомпании «S7 Airlines».
8. Чехов И.А. Пути развития систем навигации в рамках внедрения концепции CNS/ATM // Научный вестник МГТУ ГА. 2017. Том 20. №04. С. 98-106.
9. Руководство по производству полетов авиакомпании «Газромавиа».
10. Flight crew operating manual, Airbus, 2018 – 7218 с.
11. Flight crew operating manual, Boeing, 2017 – 640 с.
12. Flight crew operating manual, Falcon, 2018 – 720 с.
13. Авиационный керосин ТС-1 [Электронный ресурс]: <https://necten-sea.ru/catalog/Toplivo/Kerosin/TS-1/> (дата обращения: 22.12.2018).

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ



### Притоцкий Егор Михайлович

Кафедра физики и прикладной математики Владимирского государственного университета, инженер 1 лаборатории испытательной ФГАУ «ВИТ «ЭРА»



### Аракелян Сергей Мартиросович

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики и прикладной математики Владимирского государственного университета

**Аннотация:** Проанализированы существующие физические и программные средства для фильтрации изображения. Разработан узкополосный просветляющий фильтр на длину волны 850 нм. Предложен алгоритм комбинированного использования программных и физических фильтров для повышения точности работы системы технического зрения. Проведены экспериментальные исследования для проверки предложенного метода. Использование узкополосного оптического фильтра в совокупности с программными средствами фильтрации и сглаживания позволяют качественно повысить точность определения координат инфракрасных маяков на видеокадре, что в свою очередь позволяет осуществлять автоматическую посадку беспилотного летательного аппарата по инфракрасным маякам с точностью до 30 см для мультикоптеров с вертикальной посадкой при отсутствии