

УДК: 656.052.1

DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-2-28-37

## ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ТОПЛИВА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПОЛЕТОВ ПО СТАНДАРТНЫМ ТРАЕКТОРИЯМ ПРИБЫТИЯ (STAR), КОТОРЫЕ ИМЕЮТ УЧАСТКИ ДЛЯ ЗАДЕРЖКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

**В.Г. ЛУГОВОЙ<sup>1</sup>, А.В. СОРОКИН<sup>2</sup>, О.В. ШИЛОВ<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Центр ОВД, г. Санкт-Петербург, Россия<sup>2</sup> АО «Авиакомпания «Россия», г. Москва, Россия

В статье дано описание проблем, связанных с определением необходимого количества топлива при планировании полетов по стандартным траекториям прибытия (STAR), имеющим участки для задержки воздушных судов. Новые маршруты прибытия, основанные на применении зональной навигации, позволили увеличить пропускную способность воздушного пространства, снизить загруженность диспетчеров УВД и экипажей воздушных судов. Все большее количество провайдеров аэронавигационного обслуживания внедряет современные траектории прибытия, составной частью которых являются участки для задержки воздушных судов. Участки для задержки воздушных судов используются как современная альтернатива краткосрочным зонам ожидания и векторению с целью задержки воздушного судна. Однако внедрение новых видов стандартных траекторий прибытия, без изменения подходов к планированию полетов по ним, привело к росту расхода авиационного топлива. В статье раскрывается суть проблемы планирования полета по новым видам траекторий прибытия на примере недавно спроектированных, опубликованных и введенных в эксплуатацию стандартных траекторий прибытия аэропорта Пулково, включающих участки для задержки воздушных судов. Приводятся расчеты с применением автоматизированных систем планирования полета, показывающие объем дополнительного расхода топлива. Описываются сопутствующие негативные факторы. Предлагаются методы решения проблем, позволяющие избежать роста расхода топлива и неблагоприятных выбросов в атмосферу. Описывается порядок использования нового подхода к планированию и выполнению полета по стандартным траекториям прибытия, имеющим участки для задержки воздушных судов. Внедрение нового подхода к проектированию, планированию и выполнению полетов по стандартным траекториям прибытия, имеющим участки для задержки воздушных судов, актуально для существующих и проектируемых траекторий прибытия.

**Ключевые слова:** воздушное движение, траектории прибытия, процедуры ОВД, расход топлива, планирование полета.

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее время широкое распространение получили траектории прибытия, основанные на зональной навигации, которые включают в себя участки, предназначенные для задержки воздушных судов [1, 2]. Такие траектории могут быть различных видов: дугообразные, прямые или имеющие иную форму. Основная цель таких траекторий заключается в упрощении применения процедур задержки для прибывающих воздушных судов.

При использовании таких траекторий воздушному судну всегда назначается траектория прибытия, в которой содержатся элементы для задержки, однако, если задержка не требуется, диспетчер УВД направляет воздушное судно по кратчайшему расстоянию, минуя траекторные элементы задержки. Аналогичным образом могут решаться и задачи по созданию интервалов на посадку: воздушное судно пролетит по траектории задержки такое количество времени, на которое необходимо его задержать для создания заданного интервала на посадку. Лишь в случаях высокой загруженности предполагается, что воздушное судно будет пролетать практически всю траекторию. Траектории, используемые в системах Point Merge<sup>1</sup>, могут содержать и такие

<sup>1</sup> Point merge integration of arrival flows enabling extensive RNAV application and continuous descent / Eurocontrol experimental centre, Brétigny-sur-Orge [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/sesar/point-merge-osed-v2.0-2010.pdf/> (дата обращения: 04.04.2017).

участки, которые в принципе не предполагается использовать для полетов, их наличие диктуется лишь необходимостью создания точки пути, на которую воздушное судно будет двигаться в случае, если задержка не предполагается.

Таким образом, можно утверждать, что современные траектории прибытия зональной навигации с элементами задержки не предназначены для постоянного и полного их выполнения всеми воздушными судами. Можно говорить о том, что воздушные суда выполняют их обязательную часть и частично выполняют полет по траектории, предназначенной для задержки, только в случае необходимости.

## ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ТОПЛИВА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПОЛЕТОВ

При проектировании воздушного пространства в районе аэродрома Санкт-Петербург Пулково были разработаны траектории прибытия, имеющие обязательные для следования элементы, элементы для задержки, а также элементы, полет по которым не предполагается. Рассмотрим разработанную для аэропорта Пулково траекторию стандартного прибытия по приборам, основанного на зональной навигации, на примере STAR GENPA 1A<sup>2</sup> (рис. 1).

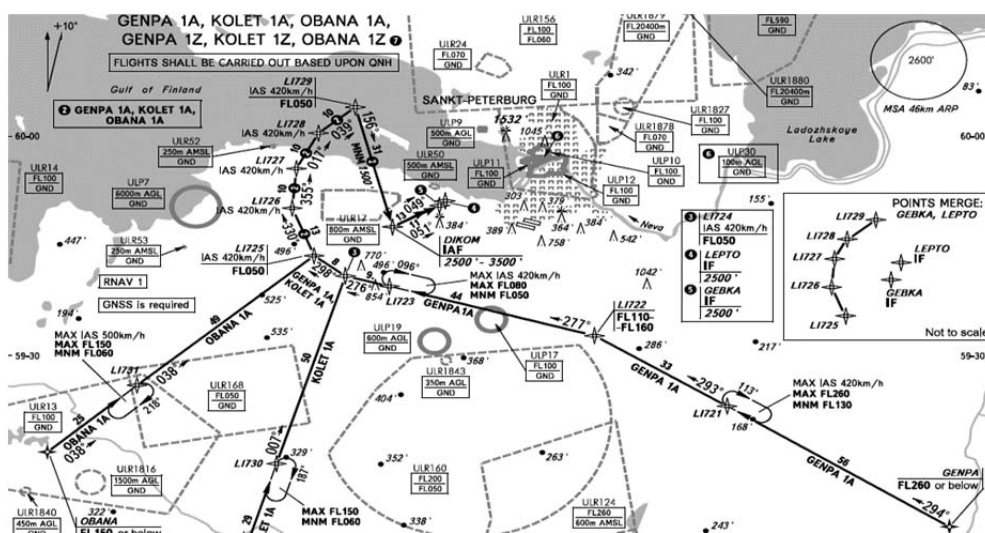


Рис. 1. Вид траектории GENPA1A, содержащей траекторию задержки  
Fig. 1. Representation of GENPA1A STAR, which includes delay trajectory

Данная траектория имеет обязательную часть следования, начинающуюся от точки пути GENPA, далее на точку пути LI721 и затем на точку пути LI722. Предполагается, что в случае отсутствия необходимости задержки диспетчер УВД применит процедуру «прямо на», указав воздушному судно следовать на точку пути DIKOM. Таким образом, будет сформирована траектория GENPA – LI721 – LI722 – DIKOM, которая будет являться траекторией кратчайшего расстояния. При проектировании данного STAR, точки пути, формирующие ее обязательную часть, были намеренно расположены на одной прямой. Полет воздушного судна на участке от точки пути GENPA до точки пути LI722 определяет время принятия решения диспетчером УВД о возможности следования воздушного судна по траектории кратчайшего расстояния или о

<sup>2</sup> Сборник аэронавигационной информации Российской Федерации. Часть II. Маршрут [Электронный ресурс] / Федеральное агентство воздушного транспорта. Режим доступа: <http://www.caiga.ru/common/AirInter/validaip/html/rus.htm> (дата обращения: 14.10.2018).

необходимости реализации задержки полетом по траектории STAR после пролета точки пути LI722.

Дальнейшая траектория STAR после пролета точки пути LI722 уводит воздушное судно в сторону от траектории кратчайшего расстояния, так реализуется необходимая задержка. Диспетчер УВД определяет достаточность задержки и в нужный момент времени передает указание воздушному судну о следовании на точку пути DIKOM. На траектории STAR GENPA1A имеется также участок, по которому следование воздушного судна не предполагается, это участок полета от точки пути LI729 на точку пути DIKOM. Данный участок является некой операционной уловкой и предназначен только лишь для формирования точки пути DIKOM в таком месте, которое позволит осуществлять полеты по кратчайшим расстояниям от точки начала STAR (GENPA) до точки окончания STAR (DIKOM). При полете воздушного судна по части траектории от точки пути LI725 до LI729 воздушное судно может быть направлено напрямую к Point Merge – начальной точке промежуточного этапа захода на посадку соответствующей ВПП.

В целом современные траектории зональной навигации доказали свою эффективность, существенно снизив нагрузку на согласование между пунктами ОВД, отвечающими за различные этапы полета, а также уменьшив количество радиообмена [3, 4]. В то же время внедрение таких STAR отрицательно повлияло на расход авиационного топлива – изменилась концепция использования STAR, но концепция планирования полетов по траекториям STAR осталась прежней.

При планировании полета по траекториям STAR предыдущего поколения, не имеющим встроенных элементов задержки, экипаж воздушного судна (или штурманская служба авиакомпании) рассчитывал заправку топливом исходя из длин этих траекторий [5, с. 160–163]. При этом сами траектории являлись траекториями кратчайшего расстояния. Задержки, которые производились диспетчером УВД, например, методом векторения или применением зоны ожидания, не входили в расчет топлива для полета по маршруту (trip fuel). Для целей задержки на борту воздушного судна всегда находился необходимый запас топлива, не входящий в trip fuel – запас топлива на непредвиденные обстоятельства (contingency fuel)<sup>3</sup>. С вводом в действие STAR нового поколения, имеющих встроенные элементы задержки, расчетное количество топлива на полет увеличилось, так как полная длина STAR увеличилась на величину встроенной траектории задержки. Фактически воздушные суда берут на борт топливо на случай задержки дважды. Часть включается в топливо для полета по маршруту (trip fuel), так как сам маршрут увеличился на возможную задержку, другая часть является обязательным не изменившимся элементом, топливом на непредвиденные обстоятельства, включая ожидание (contingency fuel).

На первый взгляд, разница в учитываемом топливе не выглядит очень большой. Количество дополнительного топлива для полета по траектории задержки, которое будет взято на борт воздушного судна, будет определяться многими факторами. Для примера сравним количество топлива необходимое для полета по кратчайшему маршруту траектории STAR GENPA1A и по полной траектории STAR GENPA1A, включая траекторию задержки. Кратчайшая траектория  $L_{кр}$  будет определяться точками пути GENPA – LI721 – LI722 – DIKOM, таким образом, длина  $L_{кр}$  составит 133 км. Полная траектория  $L_{полн}$  будет включать точки пути GENPA – LI722 – LI723 – LI724 – LI725 – LI726 – LI727 – LI728 – LI729 – DIKOM, таким образом, длина  $L_{полн}$  составит 224 км. Разница длин траекторий (длина траектории задержки)  $\Delta L$  составляет 91 км. Таким образом, при планировании каждого полета необходимо учитывать длину траектории задержки равной 91 км. Количество топлива, которое необходимо учесть для планирования полета по траектории задержки, будет зависеть от расхода топлива конкретного воздушного судна. Ожидание, как правило, производится на скоростях и режимах, соответствующих

<sup>3</sup> Введение в летно-технические характеристики ВС / AIRBUS. Flight Operations Support & Services, 2007. 218 с.

максимальной продолжительности полета. Потребное количество топлива для полета по траектории задержки составит определенную величину  $\Delta Q_p$ . В результате воздушное судно возьмет на борт дополнительное количество топлива сверх топлива, планируемого для полета по кратчайшей траектории, при этом количество топлива для ожидания (contingency fuel) останется неизменным. Таким образом, для полета по траектории задержки на борту воздушного судна будет предусмотрен двойной резерв топлива: топливо, входящее в состав планируемого топлива для полета по маршруту (trip fuel), и топливо для ожидания (contingency fuel). Даже если воздушное судно вынуждено будет выполнить полет по всей траектории задержки, например, в целях создания интервала, один из указанных резервов не будет затрачен. Остатки топлива будут использоваться для последующего полета, однако взятое на борт количество топлива будет увеличивать полетный вес воздушного судна, что в свою очередь будет приводить к увеличению расхода топлива при полете по маршруту за счет необходимости выдерживать несколько большую скорость полета [6]. Дополнительные затраты топлива будут зависеть в том числе от протяженности маршрута всего рейса. Наибольшие потери топлива будут происходить при полетах тяжелых воздушных судов на большие расстояния. Рассчитаем дополнительный расход топлива, обусловленный увеличением полетного веса, на маршруте Бангкок – Санкт-Петербург для воздушного судна типа Боинг 747-400.

С помощью современных автоматизированных средств произведем расчет полета при использовании полного STAR GENPA1A и при использовании кратчайшего маршрута, обозначенного GENPA1Z. Расчет полета при использовании полного STAR GENPA1A представлен на рис. 2.

FLT	AC/REG	DATE	ROUTE	MACH	EOBT	ETA	STA	ALTN	DATE	MET
SDMTEST	EI-XLC	28/11/18	VTBS ULLI	ECO	1200	2235	2300	EFHK	280600	
	B747-400		BKK LED					HEL		
		APT ELEV 5	79							
ALTN	EFHK	DIST 202	TIME	FUEL	DOW	178202		APLD	..	..
FL 360	WC M029	00.36	6153	EPLD	64469	MPLD	64469	RPLD	64469	
FINAL RESERVE	1500	00.30	3996	EZFW	242671	MZFW	242671	AZFW	..	..
HOLD-ALTN		00.00	0	ETOW	369370	MTOW	385553	RTW	385553	
DIVERT ALTN		01.06	10149	ELDW	258342	MLDW	285763	RLW	285763	
CONTINGENCY	5P/C	00.31	5522							
										FUEL FOR TAXI IN 310
TOTAL RESERVES		01.37	15671							
TRIP FUEL		10.20	111028							
ENDURANCE		11.57	126699							
TAXI OUT		00.15	700							
MIN REQ FUEL			127399							
FUEL ON BOARD			127399							

Рис. 2. Результаты расчета полета с использованием полного STAR  
Fig. 2. Fuel calculation results, the whole STAR planned

Расчетное количество затрачиваемого топлива для выполнения полета с использованием траектории полного STAR (trip fuel) составит 111028 кг. Такое количество топлива будет фактически затрачено, если воздушное судно пролетит весь маршрут, включая выполнение полного STAR GENPA1A. Общее количество топлива на борту (fuel on board), включая все необходимые резервы, составит 127399 кг.

Произведем расчет полета при использовании траектории кратчайшего расстояния (рис. 3).

FLT	AC/REG	DATE	ROUTE	MACH	EOBT	ETA	STA	ALTN	DATE	MET
SDMTEST	EI-XLC	28/11/18	VTBS ULLI	ECO	1200	2229	2300	EFHK	280600	
	B747-400		BKK LED					HEL		
		APT ELEV	5	79						
ALTN	EFHK	DIST	202	TIME	FUEL	DOW	178202	APLD	..	..
FL	360 WC	M029		00.36	6153	EPLD	64469	MPLD	64469	RPLD 64469
FINAL RESERVE	1500			00.30	3997	EZFW	242671	MZFW	242671	AZFW .. ..
HOLD-ALTN				00.00	0	ETOW	368156	MTOW	385553	RTW 385553
DIVERT ALTN				01.06	10150	ELDW	258285	MLDW	285763	RLW 285763
CONTINGENCY	5P/C			00.31	5464					
										FUEL FOR TAXI IN 310
TOTAL RESERVES				01.37	15614					
TRIP FUEL				10.14	109871					
ENDURANCE				11.51	125485					
TAXI OUT				00.15	700					
MIN REQ FUEL					126185					
<b>FUEL ON BOARD</b>					<b>126185</b>					

Рис. 3. Результаты расчета полета с использованием траектории кратчайшего расстояния  
Fig. 3. Fuel calculation results, the shortest trajectory planned

Расчетное количество затрачиваемого топлива для выполнения полета с использованием траектории кратчайшего расстояния (trip fuel) составит 109871 кг. Общий вес топлива на борту снизится и составит 126185. Таким образом, разница в расчетном расходе топлива  $\Delta Q_p$  при планировании маршрута полета Бангкок – Санкт-Петербург составит:  $\Delta Q_p = 111028 - 109871 = 1157$  кг. Показатель расчетного количества топлива для полета по маршруту (trip fuel) позволяет оценить необходимое количество топлива при полете от аэродрома вылета до аэродрома назначения, т. е. в случае если не происходит уход на запасной аэродром, обход грозы и другие непредвиденные обстоятельства. Увеличение расчетного количества топлива для полета до аэродрома назначения будет приводить к некоторому росту резервов топлива для полета на запасной аэродром и на случай непредвиденных обстоятельств. Поэтому общая разница в количестве топлива, взятого на борт  $\Delta Q$ , окажется несколько большей. Для определения  $\Delta Q$  сравним общий запас топлива на борту в случае планирования полета по полному STAR с запасом топлива при планировании полета по траектории кратчайшего расстояния:  $\Delta Q = 127399 - 126185 = 1214$  кг. Однако часть данного топлива может быть использована вновь для выполнения последующего полета данным воздушным судном, т. е. не будет являться потерей топлива. Необходимо определить, какова реальная потеря топлива за счет увеличения полетного веса воздушного судна на  $\Delta Q$ . Для сравнения разницы в расчетном расходе топлива выполним новый расчет, опираясь на данные расчетов планирования полета по траектории кратчайшего расстояния, но увеличив общий резерв топлива на воздушном судне на  $\Delta Q$ , фактически вес данного топлива будет просто дополнительно перевозимым грузом. Таким образом, будет смоделирована ситуация, при которой воздушное судно, имеющее запасы топлива для выполнения полного STAR, пролетит по маршруту кратчайшего расстояния, минуя траекторию задержки. Вновь выполним расчет полета с использованием траектории кратчайшего расстояния (рис. 4).

SDMTEST EI-XLC	28/11/18	VTBS	ULLI	ECO	1200	2229	2300	EFHK	280600
B747-400		BKK	LED					HEL	
APT ELEV	5		79						
ALTN EFHK DIST	202	TIME	FUEL	DOW	178202			APLD	.. ..
FL 360 WC M029		00.36	6153	EPLD	64469	MPLD	64469	RPLD	64469
FINAL RESERVE	1500	00.30	3996	EZFW	242671	MZFW	242671	AZFW	.. ..
HOLD-ALTN		00.00	0	ETOW	369370	MTOW	385553	RTW	385553
DIVERT ALTN		01.06	10149	ELDW	259185	MLDW	285763	RLW	285763
CONTINGENCY	5P/C	00.31	5480						
EXTRA - OPTIONAL		00.07	885						
				FUEL FOR TAXI IN	310				
TOTAL EXTRA		00.07	885						
TOTAL RESERVES		01.44	16514						
TRIP FUEL		10.14	110185						
ENDURANCE		11.58	126699						
TAXI OUT		00.15	700						
MIN REQ FUEL			126514						
FUEL ON BOARD			127399						

**Рис. 4.** Результаты расчета полета с использованием траектории кратчайшего расстояния, выполненные с принудительным увеличением общего количества топлива на борту (Fuel on board) до значений, соответствующих расчету для выполнения полета с учетом полного STAR  
**Fig. 4.** Fuel calculation results, the shortest trajectory planned, total fuel on board increased to tankage calculated for the whole STAR planning

Разница в расходе топлива по причине увеличения веса воздушного судна на  $\Delta Q$  может быть определена по сравнению показателей trip fuel. Так, расчетный расход топлива за полет при полете по маршруту кратчайшего расстояния без  $\Delta Q$  составит 109871 кг, а при наличии  $\Delta Q$  на борту расчетный расход топлива составит 110185 кг. Таким образом, для перевозки избытка топлива  $\Delta Q$  на данном маршруте воздушное судно затратит дополнительно 314 кг топлива.

Поскольку при планировании полета избыток топлива для полета по траектории задержки будет учитываться для каждого воздушного судна, суммарные затраты топлива за день полетов могут оказаться очень существенными. Так, в аэропорт Пулково ежедневно прибывают 200–250 ВС, суммарный перерасход может составить десятки тонн топлива. Так как повышенный расход будет характерен на протяжении всего полета, можно говорить и об увеличенном количестве выбросов в атмосферу.

Траектории, содержащие встроенные элементы задержки, набирают популярность [7, 8, 9], поэтому возможна ситуация, когда расчет полета по полному STAR будет включаться и в планирование топлива при полете до запасного аэродрома, на котором как раз используется указанный тип STAR, тогда суммарный перерасход топлива окажется еще более значительным.

Немаловажен и экономический аспект, на некоторых аэродромах стоимость авиационного топлива значительно выше, чем на других [10, 11], поэтому оплачивать дополнительные остатки топлива, даже которые будут использоваться в дальнейшем, становится невыгодным.

Таким образом, внедрение современных траекторий прибытия, включающих в себя траектории задержки, без изменения подхода к планированию заправки топливом воздушного судна, будет приводить к увеличению расхода топлива воздушных судов, а также к увеличению неблагоприятных выбросов в атмосферу [12].

## ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ. ПОРЯДОК ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАПРАВКИ ТОПЛИВОМ, ВЫБОР И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ В ПОЛЕТЕ. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для решения данной проблемы необходимо разработать и внедрить иные правила планирования заправки топливом, так как на данный момент топливо, необходимое воздушному судну для реализации задержки, фактически учитывается дважды. Изменение политики по учету топлива в авиакомпаниях может не привести к желаемому эффекту, так как необходимо проводить работу с каждой авиакомпанией, осуществляющей полет в аэропорт, в котором используются подобные траектории.

Выходом из данной ситуации может быть использование дополнительного вида траекторий, публикуемых в документах аэронавигационной информации, а также опубликование порядка использования таких траекторий<sup>4</sup>.

Для решения проблем, связанных с повышенным расходом топлива при внедрении траекторий с встроенными участками задержки в АПР аэропорта Пулково, были опубликованы специальные траектории, предназначенные только для планирования заправки топливом (рис. 5)<sup>5</sup>.

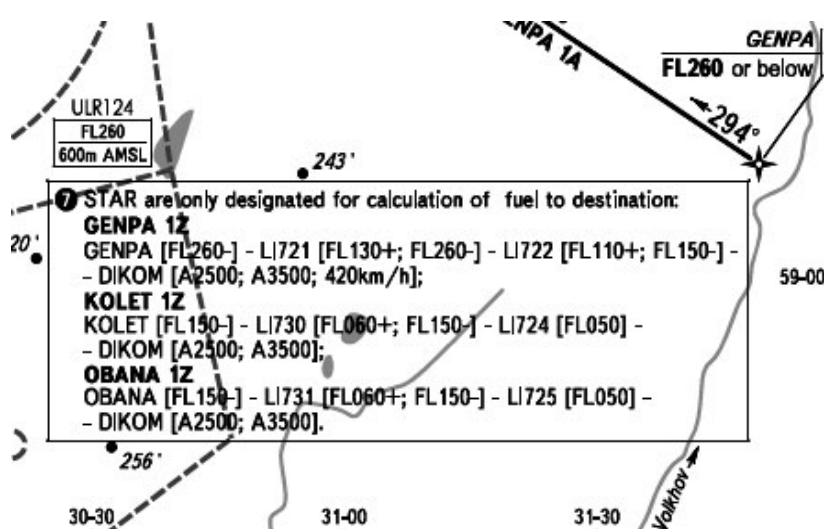


Рис. 5. Вид опубликованной для расчета топлива траектории, GENPA1Z  
Fig. 5. Representation of trajectory published for fuel calculation, GENPA1Z

На данный момент для авиакомпаний сохраняется возможность спланировать полет как по полной, так и по кратчайшей траектории. Это позволяет гибко учитывать топливную политику разных авиакомпаний. Однако в рамках суммарного расхода топлива, а также с учетом неблагоприятных выбросов в атмосферу возможность полностью свободного выбора траектории авиакомпаниями представляется непродуктивной. Для соответствующей мотивации авиакомпаний, с целью снижения суммарного расхода топлива и выбросов в атмосферу, целесообразно опубликовать рекомендации для планирования полетов по STAR, которые содержат траектории

<sup>4</sup> IATA Position on Point Merge (Prepared by Anthony van der Veldt/IATA Safety and Flight Operations, Europe In cooperation with EUR RCG, FOG members and IATA Staff) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/sesar/iata-position-on-point-of%20merge-sep2014.pdf> (дата обращения: 14.10.2018).

<sup>5</sup> Сборник аэронавигационной информации Российской Федерации. Часть II. Маршрут [Электронный ресурс] / Федеральное агентство воздушного транспорта. Режим доступа: <http://www.caiga.ru/common/AirInter/validaip/html/rus.htm> (дата обращения: 14.10.2018).

задержки. STAR, содержащие траектории задержки, следует маркировать на картах как STAR, назначаемые только органом ОВД. В этом случае при планировании полета данный STAR не будет выбираться как маршрут для расчета полета и заправки топливом, так как для выбора такого STAR на этапе планирования потребуются разрешение конкретного органа ОВД. В то же время STAR, представляющие собой маршруты кратчайших расстояний, должны обозначаться на картах как маршруты, предназначенные только для планирования полета и заправки топливом. В этом случае выбор экипажем в полете STAR, представляющего собой траекторию кратчайшего расстояния, будет невозможен, так как данный STAR предназначен только для планирования полета. Таким образом, выбор STAR из навигационной базы данных системы управления полетом (FMV Nav Data Base) для построения маршрута непосредственно в полете будет осуществляться экипажем только по указанию органа ОВД.

В результате при планировании полета, в том числе с использованием автоматизированных систем планирования, будет учитываться кратчайшая траектория STAR. Тогда как при фактическом выполнении полета орган ОВД будет назначать экипажу воздушного судна STAR, содержащий траекторию задержки. Непосредственно при выполнении STAR диспетчер подхода будет использовать процедуру «прямо на» для указания воздушному судну о следовании прямо к точке окончания STAR (по кратчайшей траектории), в случае если задержка не требуется. Если фактическая ситуация требует полета по траектории задержки, ввиду необходимости создания интервала или иных причин, то диспетчер УВД использует указание о следовании на точку окончания STAR в момент, когда достаточный интервал создан.

При применении такого подхода к планированию и выполнению полетов избыточные расходы топлива и дополнительные неблагоприятные выбросы в атмосферу, обусловленные вводом в действие STAR нового поколения, будут ликвидированы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ассоров Н.А.** Анализ организации воздушного движения в некоторых крупных аэропортах мира // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. № 221. С. 5–12.
2. **Дивак Н.И., Нечаев Е.Е.** Анализ структуры воздушного пространства МВЗ // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. № 221. С. 13–17.
3. **Кумков С.И., Пятко С.Г., Спиридонов А.А.** Исследование стандартной и веерной схем задержки воздушных судов в зоне подхода // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2018. № 20(331). С. 63–73.
4. **Shaw C., Ivanescu D.** Fast-time simulation of Point Merge indicates significant improvements [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.eurocontrol.int/eec/public/standard\\_page/EEC\\_News\\_2008\\_1\\_PM.html](https://www.eurocontrol.int/eec/public/standard_page/EEC_News_2008_1_PM.html) (дата обращения: 14.10.2018).
5. **Хиврич И.Г., Миронов Н.Ф., Белкин А.М.** Воздушная навигация: учебное пособие. М.: Транспорт, 1984. 328 с.
6. **Егер С.М., Матвеев А.М., Шаталов И.А.** Основы авиационной техники. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МАИ, 1999. 575 с.
7. **Луговой В.Г.** Применение процедуры Point Merge в условиях неравномерного распределения потоков прибывающих воздушных судов // Вестник СПбГУ ГА. 2017. № 4(17). С. 25–37.
8. **Дивак Н.И.** К вопросу о разработке новой структуры воздушного пространства Московской воздушной зоны // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 209(11). С. 67–71.
9. **Глухов Ю.Е., Коновалов А.Е.** Альтернативный вариант реорганизации структуры воздушного пространства в московском узлом диспетчерском районе // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 209(11). С. 60–66.



10. Злобин А. Дорогое небо. Авиабилеты дорожают из-за роста цен на керосин [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.forbes.ru/biznes/365151-dorogoe-nebo-aviability-dorozhayut-iz-za-rosta-cen-na-kerosin> (дата обращения: 16.10.2018).

11. Воздвиженская А., Шадрин Т. Билет пахнет керосином // Российская газета. 2017. 24 ноября 2017 г. № 267(7433).

12. Иванова А.Р. Влияние авиации на окружающую среду и меры по ослаблению негативного воздействия // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 365. С. 5–14.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Луговой Вениамин Геннадьевич, диспетчер-инструктор ОНУВД (АДЦ) Санкт-Петербургского Центра ОВД, [veniamin\\_lugovoi@mail.ru](mailto:veniamin_lugovoi@mail.ru).

Шилов Олег Вячеславович, штурман летного отряда, АО «Авиакомпания «Россия», [o.shilov@rossiya-airlines.com](mailto:o.shilov@rossiya-airlines.com).

Сорокин Андрей Владимирович, главный штурман – начальник службы навигации, АО «Авиакомпания «Россия», [a.v.sorokin@rossiya-airlines.com](mailto:a.v.sorokin@rossiya-airlines.com).

## FUEL PLANNING PROBLEMS FOR FLIGHTS, PLANNED VIA STANDARD ARRIVAL ROUTES (STAR) WITH DELAY LEGS

Veniamin G. Lugovoi<sup>1</sup>, Andrei V. Sorokin<sup>2</sup>, Oleg V. Shilov<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Saint-Petersburg ATC Center, Saint-Petersburg, Russia  
<sup>2</sup> JSC "Rossiya Airlines", Moscow, Russia

### ABSTRACT

The article deals with the fuel planning problems for flights planned via standard arrival routes (STAR), with delay legs. Implementation of new standard arrival routes based on area navigation principles leads to increasing airspace capacity and reducing workload for both flight crews and air traffic controllers. More and more air navigation service providers implement modern STARs which include delay legs as their components. Delay legs are being used as modern alternative to delay actions performed with short time holding patterns or radar vectoring procedures. But, new STAR types' implementation without changing fuel planning procedures has led to fuel consumption increase. The nature of problem is shown in the article with reference to recently designed, published and implemented Pulkovo airport new standard arrival routes with delay legs. The calculations made with the use of automated flight planning systems and shown extra fuel consumption are given. Contributing negative factors are described. Suggested methods of solving the problems allow avoiding extra fuel consumption and reducing pollution. The procedure for using the new approach to planning and performing flight via STARs with delay legs is described. Implementation of the new approach in arrival trajectory design, flight planning and flight performance via standard arrival routes with delay legs is actual for the existing arrival routes and the routes being projected.

**Key words:** air traffic, arrival path, ATM procedures, fuel consumption, flight planning.

### REFERENCES

1. Assorov, N.A. (2015). *Analiz organizatsi i vozdušnogo dvizheniya v nekotorykh krupnikh aeroportakh mira* [Analysis of air traffic management in some major airports of the world]. The Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 221, pp. 5–12. (in Russian)
2. Divak, N.I. and Nechaev, E.E. (2015). *Analiz struktury vozdušnogo prostranstva MVZ* [Analysis of the proposed airspace stricter of Moscow ATM]. The Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 221, pp. 13–17. (in Russian)

3. **Kumkov, S.I., Pyatko, S.G. and Spiridonov, A.A.** (2018). *Issledovaniye standartnoy i veerney skhem zaderzhki vozdushnikh sudov v zone podkhoda* [Investigation of standard and point-merge schemes of aircraft delay in approach zone]. The Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation (GosNII GA), no. 20(331), pp. 63–73. (in Russian)
4. **Shaw, C. and Ivanescu, D.** (2018). *Fast-time simulation of Point Merge indicates significant improvements* [Electronic resource]. Available at: [https://www.eurocontrol.int/eec/public/standard\\_page/EEC\\_News\\_2008\\_1\\_PM.html](https://www.eurocontrol.int/eec/public/standard_page/EEC_News_2008_1_PM.html) (accessed: 14.10.2018).
5. **Hivritch, I.G., Mironov, N.F. and Belkin, A.M.** (1984). *Vozdushnaya navigatsiya* [Air navigation]. *Uchebnoye posobiye* [A tutorial]. Moscow: Transport, 328 p. (in Russian)
6. **Eger, S.M., Matvienko, A.M. and Shatalov, I.A.** (1999). *Osnovy aviatsionnoy tekhniki* [The basics of aviation technics]. *2-e izd., pererab. i dop.* [Second edition, revised and enlarged]. Moscow: MAI, 575 p. (in Russian)
7. **Lugovoi, V.G.** (2017). *Primeneniye protsedury Point Merge v usloviyakh neravnomernogo raspredeleniya potokov pribivayuschikh vozdushnikh sudov* [Point merge procedure performance during unsteady arriving traffic flow distribution situation]. *Vestnik SPBGU GA* [Bulletin of the SPBGUGA], no. 4(17), pp. 25–37. (in Russian)
8. **Divak, N.I.** (2014). *K voprosu o razrabotke novoy struktury vozdushnogo prostranstva Moskovskoy vozdushnoy zony* [On the development of a new structure of Moscow area airspace]. The Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 209(11), pp. 67–71. (in Russian)
9. **Glukhov, Y.E. and Konovalov, A.E.** (2014). *Alternativnyy variant reorganizatsii struktury vozdushnogo prostranstva v moskovskom uzlovom dispetcherskom rayone* [The alternative variant of Moscow terminal maneuvering area restructurisation]. The Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 209(11), pp. 60–66. (in Russian)
10. **Zlobin, A.** (2018). *Dorogoe nebo. Aviability dorozhayut iz-za rosta tsen na kerosin* [Expensive sky. The airline tickets are growing in price owing to the aircraft fuel price increase] [Electronic resource]. Available at: <http://www.forbes.ru/biznes/365151-dorogoe-nebo-aviability-dorozhayut-iz-za-rosta-cen-na-kerosin> (accessed: 16.10.2018). (in Russian)
11. **Vozdvizhenskaya, A. and Shadrina, T.** (2017). *Bilet pakhnet kerosinom* [Ticket smells fuel]. *Rossiyskaya gazeta*, no. 267. (in Russian)
12. **Ivanova, A.R.** (2017). *Vliyaniye aviatsii na okruzhayushchuyu sredu i mery po oslableniyu negativnogo vozdeystviya* [Aviation impact on environment and the measures for mitigation of negative effect]. Proceedings of Hydrometcentre of the Russian Federation, iss. 365, pp. 5–14. (in Russian)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Veniamin G. Lugovoi**, Air Traffic Controller-Instructor, Saint-Petersburg ATC Center, [veniamin\\_lugovoi@mail.ru](mailto:veniamin_lugovoi@mail.ru).

**Oleg V. Shilov**, Flight Squad Navigator, JSC "Rossiya Airlines", [o.shilov@rossiya-airlines.com](mailto:o.shilov@rossiya-airlines.com).

**Andrei V. Sorokin**, Chief Navigator – Head of Navigation Service, JSC "Rossiya Airlines", [a.v.sorokin@rossiya-airlines.com](mailto:a.v.sorokin@rossiya-airlines.com).

Поступила в редакцию  
Принята в печать

11.01.2019  
21.03.2019

Received  
Accepted for publication

11.01.2019  
21.03.2019