

УДК 656.7

DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-5-43-55

СИСТЕМА СОВМЕСТНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ АЭРОПОРТА В УСЛОВИЯХ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК

А.О. НИКУЛИН¹

¹Международный аэропорт Шереметьево, г. Москва, Россия

В статье представлен анализ функционирования системы совместного принятия решений (A-CDM) аэропорта Шереметьево при работе аэропорта в час пик. Отечественные и международные программы развития организации воздушного движения (ОрВД) предполагают, что аэропорты будут полностью включены в сеть ОрВД как узлы этой сети. Будет использоваться кооперативное принятие решений, чтобы обеспечить «бесшовный» процесс планирования. Этот процесс будет проходить с участием пользователей воздушного пространства, поставщиков аэронавигационного обслуживания и аэропортов (с использованием автоматизированных средств управления прилетом, вылетом и движением по поверхности аэродрома) в интересах управления очередями для увеличения пропускной способности взлетно-посадочной полосы (ВПП). Оборудование ВПП должно быть усовершенствовано, уменьшены нормы эшелонирования между воздушными судами (ВС) на прилете и вылете, должны работать современные средства навигации и управления движением по поверхности аэродрома. ВПП относится к ресурсам, которые работают по принципу обслуживания только одного клиента. Влияние погодных условий (мокрая ВПП, сильный ветер, низкая видимость) определяют пропускную способность аэродрома. Управление прилетом и вылетом позволяет оптимизировать работу аэродрома с точки зрения стоимостной эффективности и экологии. Система совместного принятия решений для аэропорта – это комплекс процедур, направленных на повышение уровня организации потоков воздушного движения, пропускной способности аэродрома и воздушного пространства за счет повышения уровня предсказуемости событий и оптимизации процесса использования ресурсов. Система позволяет управлять информацией с целью получения модифицированных выходных данных для принятия решения. Основные задачи системы – повышение уровня временной точности возникновения события, а также его предсказуемости.

Ключевые слова: система совместного принятия решений аэропорта (A-CDM), сложные погодные условия, аэропорт.

ВВЕДЕНИЕ

Услуги авиаперевозок должны предоставляться в максимальном объеме именно тогда, когда они более всего востребованы пассажирами, что соответственно приводит к неравномерному распределению рейсов по часам суток. Авиаперевозчики формируют расписание на основании анализа спроса на воздушные перевозки, информации о режиме работы аэропорта, ограничений работы аэропорта по шуму, проведения ремонтных работ и/или технологических перерывов, а также нормативов технической возможности объектов инфраструктуры аэропорта. Спрос на воздушные перевозки во многом зависит от часовых поясов и режима работы аэропортов вылета и назначения. Соответственно, данные факторы и являются основополагающими по возникновению пиков максимального спроса в определенные периоды года, определенные дни недели и определенные часы [1, 2].

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЕРЕГРУЗОК В ЧАС ПИК В АЭРОПОРТУ

Час пик определяется количеством запланированных (обслуженных) рейсов, которое соответствует или приближается к показателям нормативов технической возможности объектов инфраструктуры аэропорта. На формирование часа пик также огромное влияние оказывает объем перевозок базовых авиакомпаний по отношению к объемам небазовых.

На рис. 1, 2 представлены структуры формирования часов пик в аэропорту Шереметьево. Утренний час пик формируется за счет наложения европейского потока на рейсы по внутренним воздушным линиям (ВВЛ), а вечерний – за счет добавления юго-восточных направлений.

На рис. 3–5 представлена структура формирования часов пик по потокам (прилет/вылет) и направлениям.

Основными факторами, влияющими на расширение границ часа пик, являются отклонения от плановых временных величин операций, определяющих статусы рейса. Причинами возникновения отклонений могут являться: вводимые ограничения на использование воздушного пространства, метеорологические условия, задержки в аэропорту вылета, задержки по маршруту полета, задержки по отправлению ВС в аэропорт назначения и т. д.

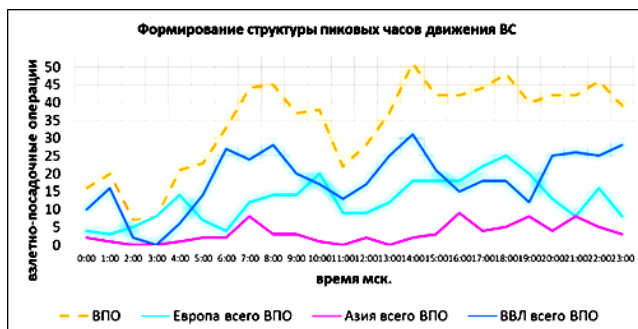


Рис. 1. Структура час пик по направлениям
Fig. 1. Structure "rush hour" on the directions

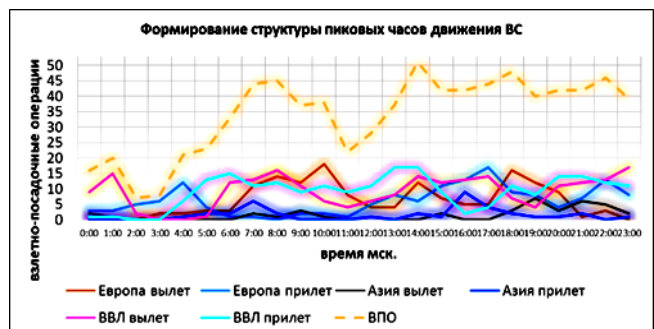


Рис. 2. Структура час пик по потокам (прилет/вылет)

Fig. 2. Structure "rush hour" on flows (arrival/departure)

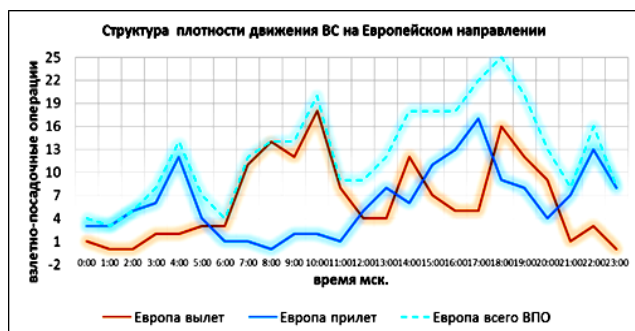


Рис. 3. Структура час пик рейсов европейского направления
Fig. 3. Structure "rush hour" of flights European direction

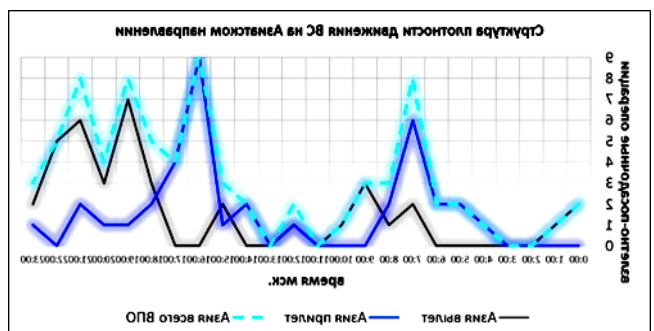


Рис. 4. Структура час пик рейсов юго-восточного направления
Fig. 4. Structure "rush hour" of flights Southeast direction

Если на временной параметр отдельной операции влияет конкретное условие, то обычно создается цепной эффект и для других параметров, которые пострадают вследствие этого. В большинстве случаев косвенное влияние на параметры планирования настолько же велико, как и прямое. Например, если время посадки рейса задержано, изменено место стоянки ВС и/или изменено время продолжительности противообледенительной защиты ВС, то, как правило, будут изменены целевые времена отправления ВС (TOBT) и взлета (TTOT).

Зависимости между временными параметрами:

- $EIBT (Estimated\ In-Block\ Time)_i = ELDT (Estimated\ Landing\ Time)_i + EXIT (Estimated\ Taxi-In\ Time)_i$ (если $ELDT$ и/или $EXIT$ изменяют значения, то $EIBT$ тоже изменяется);

- $TOBT_i = EIBT_i + MTTT_i + EDIT_i$ (если $MTTT$ и/или $EDIT$ изменяют значения, то и $TOBT$ изменяется);
- $TOBT_i = AIBT_i + MTTT_i + EDIT_i$ (если $MTTT$ и/или $EDIT$ изменяют значения, то и $TOBT$ изменяется).

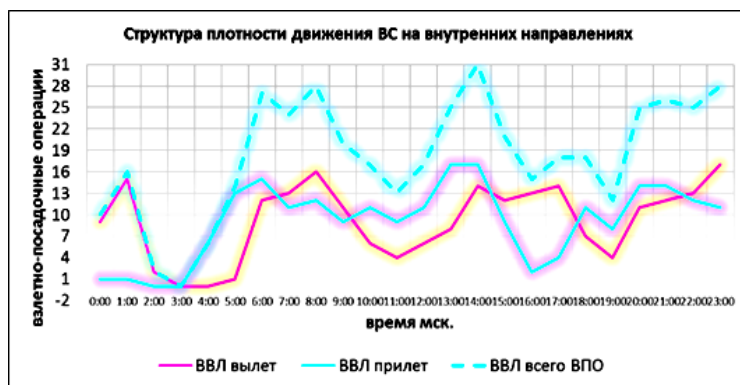


Рис. 5. Структура час пик рейсов по ВВЛ
Fig. 5. Structure "rush hour" of flights on domestic airlines

Причинная зависимость вызвана фактическими событиями, которые влияют на будущие события из-за задержек выполнения определенных операций. На рис. 6 показано, как изменение условий (ливневые осадки, туман и т. д.) может привести к задержке нескольких параметров и необходимости корректировки целевого времени подтверждения запуска двигателей (TSAT) на основании назначенных времен отправления и взлета (TTOT/ETOT и TOBT).

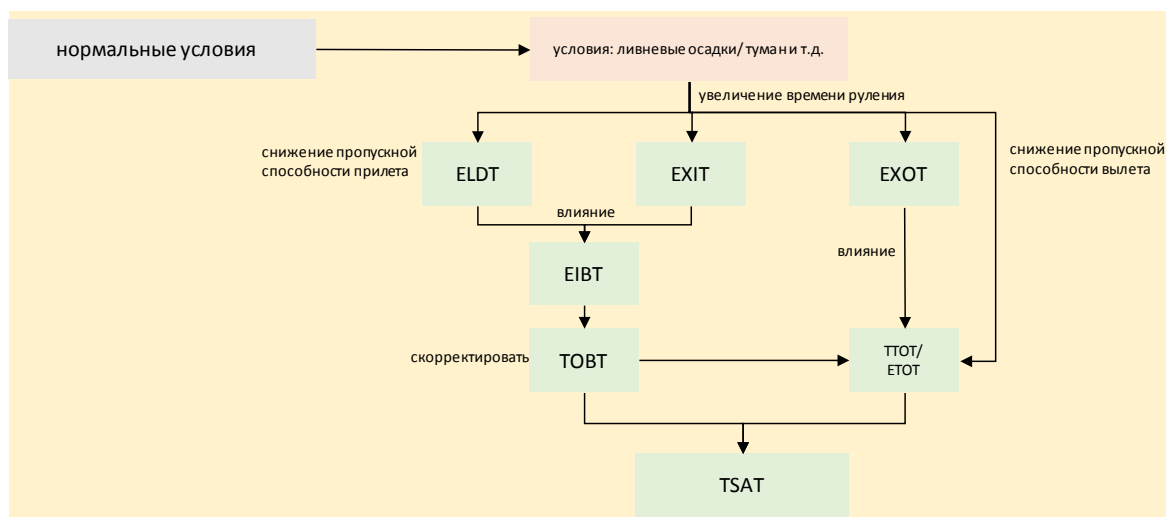


Рис. 6. Взаимная зависимость временных параметров в условиях тумана
Fig. 6. Mutual dependence of time parameters in fog conditions

МЕРОПРИЯТИЯ ПО УСТРАНЕНИЮ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК

Основные причины возникновения пиковых нагрузок прогнозируемы на разных этапах планирования и обслуживания рейсов. В целях повышения согласованности действий при прогнозировании достижения предельных значений объемов воздушного движения относительно

заявленной пропускной способности специалистами аэропорта Шереметьево, операторами по наземному обслуживанию, авиакомпаниями и ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» (ГК ОрВД) разработана «Методика действия должностных лиц при ограничениях пропускной способности в международном аэропорту Шереметьево».

В соответствии с «Соглашением об информационном обмене между ФГУП "Госкорпорация по ОрВД" и АО "МАШ" при реализации концепции совместного принятия решений (А-СДМ) в аэропорту Шереметьево» внедряется информационный обмен данными на этапах стратегического, предтактического и тактического планирования использования воздушного пространства между центральной аэропортовой базой данных АО «МАШ» (ЦАБД «Синхрон») и комплексом средств автоматизации планирования использования воздушного пространства Главного центра Единой системы организации воздушного движения (КСА ПИВП ГЦ ЕС ОрВД).

На стратегическом этапе планирования полетов выявляются конфликтные ситуации между спросом и технической возможностью в часы пик, которые корректируются путем согласования изменений графиков движения ВС между аэропортом, авиакомпанией и ФГУП ГК ОрВД. Эффективно сформированное расписание движения ВС составляет не менее 50 % успеха в выполнении суточных планов полетов в аэропорту.

На предтактическом и тактическом этапах планирования полетов при поступлении информации о корректировке планов полетов анализируются значения пропускной способности объектов инфраструктуры аэропорта и при необходимости назначаются новые слоты для рейсов, отклоняющихся от первоначального графика движения ВС. Для применения тактических мер разработаны сценарии по определению пропускной способности комплекса ИВПП при наступлении определенных событий по ограничению доступности инфраструктуры или метеорологических условий.

Совместная с ПАО «Аэрофлот» и ФГУП ГК ОрВД разработка и реализация стратегических, предтактических и тактических мер по координации суточного плана полетов в аэропорту Шереметьево и плана использования воздушного пространства обеспечивает стабильное выполнение запланированных операций в часы высокой интенсивности полетов. Применение информационных и регулирующих мер направлено на поддержание безопасных и упорядоченных потоков воздушного движения, а также на гибкое управление пропускной способностью аэропорта.

В целях оптимизации процессов обмена информацией о статусах рейсов и полетах, с марта по июнь 2017 года специалистами АО «МАШ» и ООО «НИТА» проделана комплексная работа по отладке и тестированию сопряжения IT-платформы А-СДМ (ЦАБД «Синхрон») и КСА УВД «Альфа» из состава РК «Москва-Резерв» в части сопряжения и обмена данными. Внедренные мероприятия базируются на документах EUROCONTROL "Specification for ATS Data Exchange Presentation (ADEXP) Edition 3.1", ED-145 и обеспечивают техническую возможность реализации процедур AMAN/DMAN. Результаты внедрения представлены на рис. 7.

Если рассматривать процесс обмена информацией между аэропортом и центрами ОВД/ОрВД, то при поступлении модифицированных данных из аэропорта о плановом времени отправления ВС, индивидуализированном времени руления и расчетном времени взлета, центр ОВД/ОрВД, проанализировав планируемую и фактическую воздушную обстановку, может назначить слот для использования воздушного пространства (СТОТ – Calculated Take Off Time), который в процессе изменения воздушной обстановки корректируется с учетом высвободившихся слотов (ТТОТ – Target Take Off Time). После этого в IT-платформе аэропорта запустится обратный процесс вычисления планового времени отправления ВС и заданного времени подтверждения запуска двигателей, которое будет доставлено пилоту на борт ВС и всем партнерам. Реализация данных процедур позволяет сократить время руления, расход авиатоплива и задержки взлета ВС. Показатели пунктуальности взлета удельной задержки взлета ВС приведены на рис. 8.

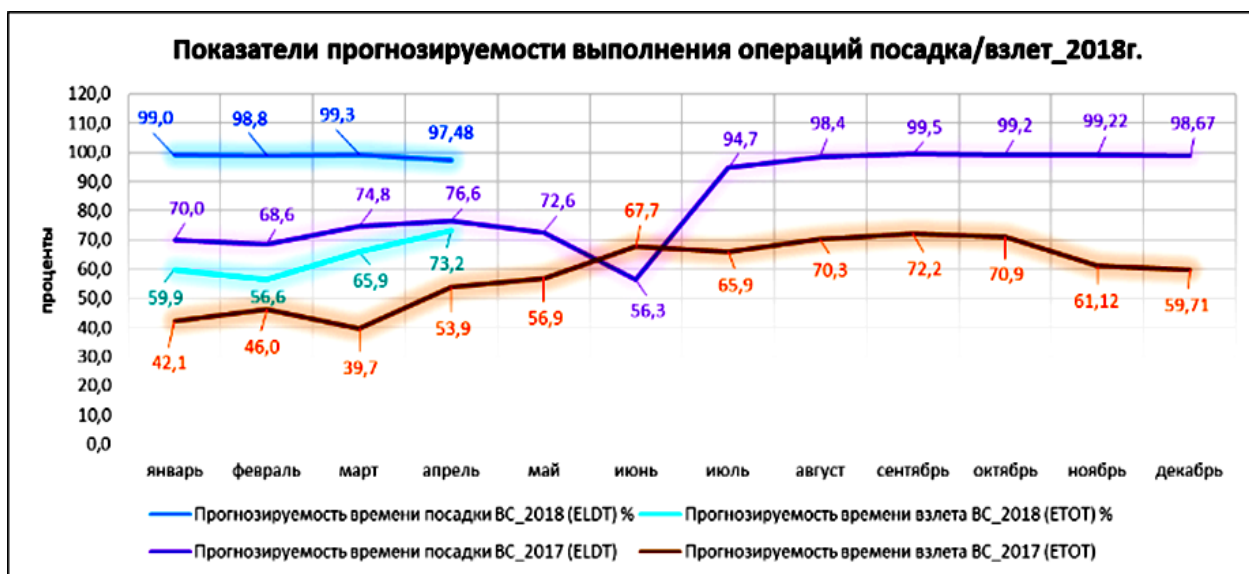


Рис. 7. Показатели точности данных прогнозируемых времен посадки и взлета ВС
Fig. 7. Indicators of the data accuracy of the predicted aircraft landing and take-off times

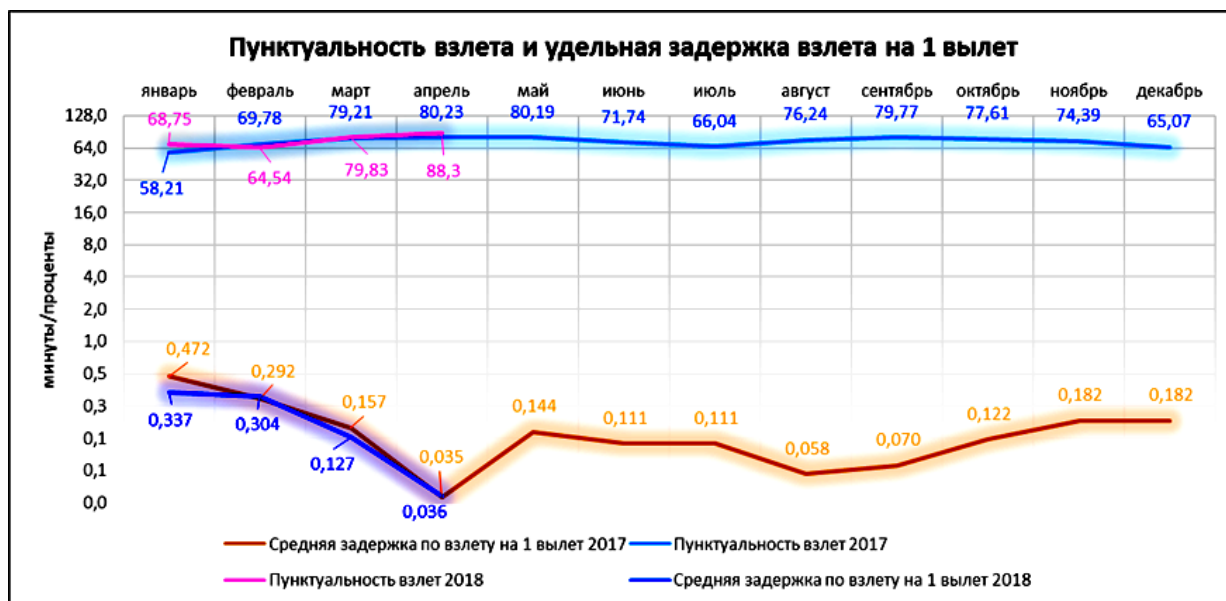


Рис. 8. Показатели пунктуальности взлета и удельной задержки взлета ВС
Fig. 8. Indicators of punctuality of take-off and specific aircraft take-off delay

За счет своевременного обмена точными данными о прогнозируемых временах выполнения статусных операций всеми участниками процесса наземного обслуживания и достигается повышение пунктуальности отправления и взлета, что соответственно оказывает влияние на сокращение количества задержанных рейсов.

Основные процессы A-CDM в аэропорту Шереметьево запускаются с момента поступления данных о расчетном времени посадки ВС. При поступлении точных данных о расчетном времени посадки ВС в IT-платформу A-CDM информация обрабатывается и распространяется всем партнерам для планирования своих операций и предоставления обратной связи по модифицированным временам. От расчетного времени посадки ВС, с учетом индивидуализированного времени руления, вычисляется время прибытия ВС на стоянку. Определяется технологи-

ческое время наземного обслуживания ВС и плановое время отправления ВС с места стоянки. С учетом индивидуализированного времени руления ВС на вылет от планового времени отправления ВС с места стоянки вычисляется расчетное время взлета с учетом эшелонирования на ВПП, которое распространяется всем партнерам для планирования своих операций. Детализация показателей представлена на рис. 9, 10.

Следовательно, работоспособность системы совместного принятия решений зависит от:

- своевременного обмена расширенной и точной информацией о фактическом и прогнозируемом времени выполнения операции, обрабатываемой и распространяемой ИТ-платформой A-CDM между всеми партнерами;
- заранее согласованных всеми партнерами процедур, технологий и инструкций по порядку действий при наступлении определенного события.

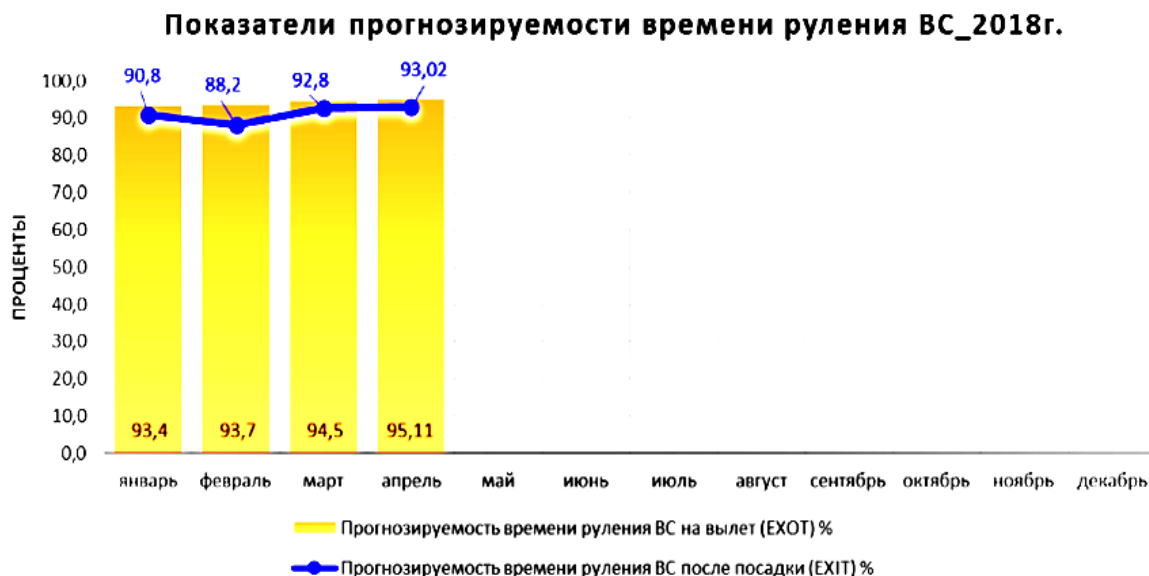


Рис. 9. Точность прогнозируемого времени руления ВС
Fig. 9. The accuracy of the predicted time of aircraft taxiing

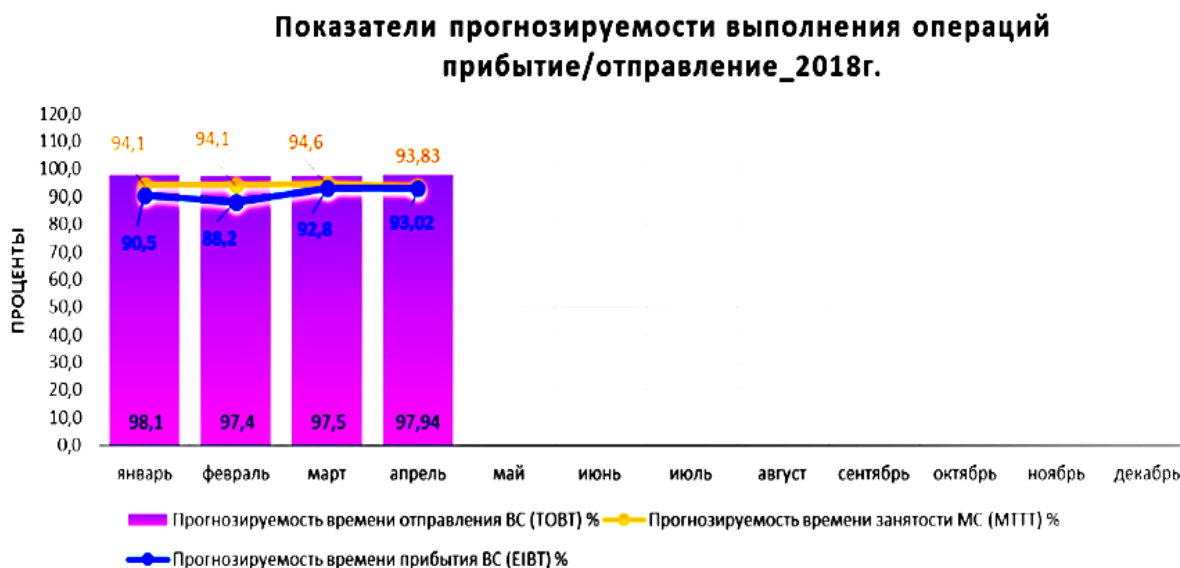


Рис. 10. Точность данных прогнозируемого времени прибытия, занятости мест стоянок (МС) и отправления ВС
Fig. 10. Accuracy of the data of the predicted aircraft arrival and departure time, taking parking places (PP)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПАРТНЕРОВ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК ДВИЖЕНИЯ ВС

При прогнозировании превышения пропускной способности аэродрома, на брифингах и/или телефонных конференциях, проводимых между Центром управления аэропортом Шереметьево, хаб-контролем и операционным центром ПАО «Аэрофлот» и Шереметьевским центром ОВД, определяются сценарии работы и процедуры для приведения заявленной интенсивности движения ВС к фактической пропускной способности аэродрома.

В целях исключения скопления ВС на предварительном старте применяется процедура «отложенного запуска двигателей», но более эффективно себя зарекомендовала внедряемая процедура «ввод интервалов на вылет», которая обеспечивает назначение нового слота для взлета с учетом установленного интервала между операциями. От назначенного слота для взлета с учетом индивидуализированного времени руления вычисляется время отправления и запуска двигателей, которое распространяется между всеми партнерами и доставляется на борт ВС через ACARS.

При прогнозировании превышения пропускной способности перронов на телефонных конференциях согласовывается порядок формирования потоков ВС по схеме два взлета/одна посадка.

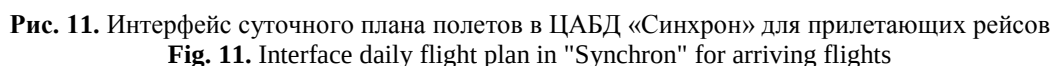
В целях повышения интенсивности движения ВС в час пик обеспечивается выполнение процедуры «сокращенные минимумы эшелонирования» (СМЭ) на ИВПП для режимов «взлет – посадка», «взлет – взлет», «посадка – посадка» и дополнительно применяется процедура использования двух ИВПП в режиме «посадка – посадка» в период массового прилета и в режиме «взлет – взлет» в период массового вылета.

Для обеспечения формирования сбалансированного потока вылетающих ВС обеспечивается соблюдение согласованных условий:

- ВС должно покинуть место стоянки не позднее чем через 1 минуту после получения разрешения от диспетчера «Шереметьево-Перрон» на буксировку и запуск двигателей;
- на точке запуска двигателей КВС обязан прослушивать радиообмен, а при задержке более 5 минут (без проведения процедуры противообледенительной обработки ВС) должен проинформировать диспетчера «Шереметьево-Перрон» о причине и времени задержки;
- ВС на исполнительном старте должно начать разбег не позднее чем через 10 секунд после получения разрешения;
- для выполнения операций в режиме «взлет – взлет» устанавливается значение интервалов 2,5 км при применении процедуры СМЭ;
- время на освобождение ВПП приземлившимся ВС должно составлять не более 80 секунд.

Взаимодействие между партнерами по системе совместного принятия решений в аэропорту Шереметьево осуществляется на базе IT-платформы А-СДМ ЦАБД «Синхрон». Интерфейс суточного плана полетов в ЦАБД «Синхрон» для прилетающих рейсов (рис. 11) предоставляет партнерам по А-СДМ модифицированную информацию о статусе прилетающих рейсов, местоположении, расчетном и фактическом времени посадки и прибытия на МС. Расчетное время посадки (ELDT) постоянно обновляется от момента входа в Московскую зону до финального захода на посадку. Эти данные позволяют обслуживающим операторам более точно спрогнозировать распределение ресурсов для обслуживания прилетающего рейса и определить скорректированное время отправления ВС с места стоянки, если фактическое время прибытия ВС (EIBT) отличается от времени по расписанию (SIBT). Эксплуатанты ВС могут заблаговременно скорректировать ротацию ВС и спрогнозировать время отправления ВС при ожидании групп трансферных пассажиров.

Если расчетное время прибытия ВС раньше времени по расписанию (рис. 12), то в стрипе прилетного рейса отображается информация о занятости места стоянки, что позволяет диспетчеру, ответственному за распределение МС, своевременно назначить новое место стоянки непунктуально прибывающему рейсу и проинформировать всех партнеров по А-СДМ.



Интерфейс суточного плана полетов в ЦАБД «Синхрон» для вылетающих рейсов (рис. 13) предоставляет партнерам по А-СДМ модифицированную информацию о статусе вылетающих рейсов: время начала наземного обслуживания ВС, готовность ВС к посадке пассажиров и окончание посадки, разрешение АТС Clearance, целевое и фактическое время запроса и подтверждения запуска двигателей, целевое и фактическое время руления, отправления и взлета, плановое и фактическое время противообледенительной обработки ВС и т. д.

На основании данных прилетающего рейса вычисляется минимальное время разворота ВС (МТТТ) и определяется целевое время отправления (ТОВТ) и запуска двигателей (ТСАТ), которое доводится до заинтересованных партнеров для дальнейшего планирования операций в зоне своей ответственности.

The screenshot displays the 'Synchron' software interface for a daily flight plan. The main window shows a table of flight data with columns for Date, en-er, Co, AC, Type, G, AC G, Route, AIST, PK, MTT, SBT, SBT, EBT, EBT, ACOT, ACOT, ASBT, ASBT, ASRT, TSA, ASAT, Runway/TAXIWAY, Squawk, Star/Sid, EBTs, TOBT, TOBT, TOBT, ASBT, MOVE, DI, ADT, ADT, ADT, ETOT, CTOT, ELDT, ALDT, TTOT, ATOT. The table is filtered for departing flights (SU) on 08.02.2018. The bottom section shows a summary of flight movements and a status bar.

Рис. 13. Интерфейс суточного плана полетов в ЦАБД «Синхрон» для вылетающих рейсов
Fig. 13. Interface of a daily flight plan in "Synchron" for departing flights

Данные о фактической пропускной способности комплекса ИВПП при публикации НОТАМ, ввода интервалов, ограничивающих вылет, ограничений по боковой составляющей ветра по типам ВС и/или снижении пропускной способности при закрытии одной из полос для производства полетов, оперативно предоставляются партнерам по А-СДМ через интерфейс Day Runway в ЦАБД «Синхрон» (рис. 14).

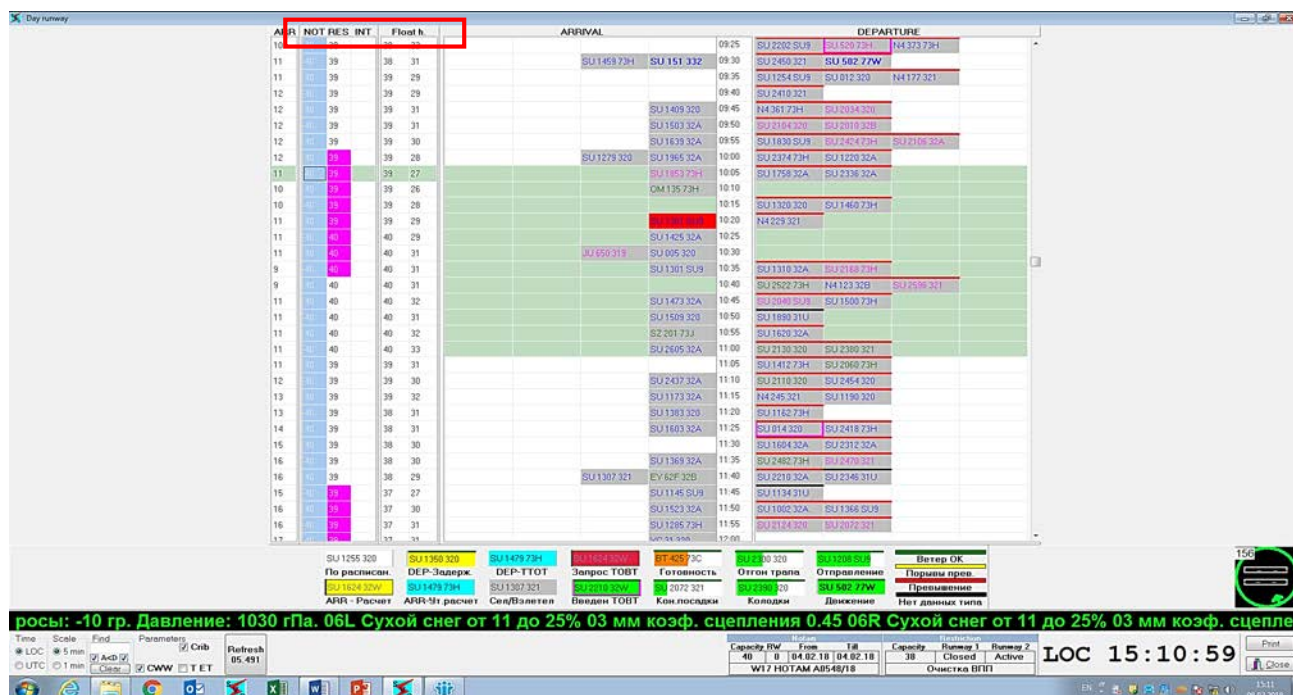


Рис. 14. Интерфейс Day Runway в ЦАБД «Синхрон»

Fig. 14. Interface Runway Day in "Synchron"

Дополнительно через интерфейс Day Runway распространяется информация по сводке METAR (бегущая строка), статусе рейсов на прилет и вылет, приоритетах авиакомпаний по очередности вылета рейсов. Расчет текущей пропускной способности комплекса ИВПП производится автоматически при вводе данных, ограничивающих пропускную способность ВПП, методом дифференцированной оценки «скользящего часа» с учетом безопасных временных интервалов по турбулентности спутного следа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги проведенного анализа, отметим, что система совместного принятия решения в аэропорту – это инструмент для управления процессами, который будет полноценно функционировать только при полной интеграции циклов управления потоками воздушного движения за счет предоставления расширенной информации о статусах рейсов и ее применения центрами ОВД/ОрВД для планирования операций по обслуживанию движения ВС в соответствии с согласованными процедурами [12].

Совместная с ПАО «Аэрофлот» и ФГУП ГК ОрВД организация и координация работы аэропорта в час пик с применением современных процедур и IT-инструментов совместного принятия решений (A-CDM) обеспечивает пунктуальное выполнение суточных планов полетов и исключает создание предпосылок к сбойным ситуациям на аэродроме.

Результативность внедряемых процедур A-CDM и реализация плана повышения пунктуальности полетов в аэропорту Шереметьево способствуют повышению предсказуемости событий и сокращению времени задержек отправления ВС и оцениваются по 65 показателям, основные из которых следующие:

- коэффициент восстановления пунктуальности отправления рейсов: 3,7 (повышение на 34,1 %);
- количество задержек отправления рейсов более 15 минут: 4,78 % (сокращение на 29,3 %);

- количество пропущенных слотов для взлета: 26,8 % (сокращение на 12,4 %);
- пунктуальность выполнения слота для посадки ВС: 30,6 % (повышение на 10,5 %);
- среднее время руления ВС после посадки: 7,3 мин (сокращение на 8,9 %);
- пунктуальность выполнения слота для прибытия ВС: 74,7 % (повышение на 11,3 %);
- пунктуальность выполнения слота для отправления ВС: 95,2 % (повышение на 2,2 %);
- среднее время руления ВС на вылет: 9,7 мин (сокращение на 15,9 %);
- пунктуальность выполнения слота для взлета ВС: 88,3 % (повышение на 9,6 %);
- показатели расчетной экономии авиатоплива: 1157,2 тонн/месяц (повышение на 41,4 %).

По итогам 2017 года аэропорт Шереметьево занял первое место среди 10 лучших аэропортов Европы по показателям сокращения задержки вылетов оборотных рейсов, сохраняя положительную динамику при самой низкой пунктуальности прилета [4]. Показатель рассчитывается как разница между пунктуальностью отправления и прибытия. Остальные аэропорты Европы имеют отрицательные значения при более высокой пунктуальности прилета.

Реализовывая комплексный подход к внедрению инновационных технологий и повышению качества услуг, аэропорт Шереметьево по итогам 2017 года при росте количества взлетно-посадочных операций (ВПО) на 12,9 %, по данным британской исследовательской компании OAG, вошел в первую тройку мировых лидеров по пунктуальности и признан самым пунктуальным европейским аэропортом в категории крупнейших воздушных гаваней с годовым объемом вылетающих пассажиров от 20 до 30 млн человек [3, 5–11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Борсоев В.А.** Принятие решения в задачах управления воздушным движением. Методы и алгоритмы / Г.Н. Лебедев, В.Б. Малыгин, Е.Е. Нечаев, А.О. Никулин, Пхон Чжо Тин. М.: Радиотехника, 2018. 432 с.
2. **Никулин А.О., Попов А.А.** Внедрение процедур А-CDM в аэропорту Шереметьево // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. № 221. С. 68–80.
3. **Малыгин В.Б., Нечаев Е.Е.** Метод снижения конфликтности на стандартных маршрутах вылета и прибытия // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 209. С. 117–123.
4. **Пятко С.Г.** Повышение эффективности управления воздушным движением в Московской зоне ЕС ОрВД [Электронный ресурс] // Aviation explorer. Режим доступа: <https://www.aex.ru/docs/4/2017/12/22/2701> (дата обращения: 22.12.2017).
5. **Людомир А.В., Орлов В.С.** Имитационное моделирование динамической воздушной обстановки в управляемом воздушном пространстве // Прикладная информатика. 2014. № 5(53). С. 89–97.
6. **Золотухин В.В., Исаев В.К., Давидсон Б.Х.** Некоторые актуальные задачи управления воздушным движением // Труды МФТИ. 2009. Т. 1, № 3. С. 94–114.
7. **Ozlem Sahin Meric.** Optimum arrival routes for flight efficiency // Journal of Power and Energy Engineering. 2015. № 3. С. 449–452.
8. **Paninski L.** Design of experiments via information theory / ed. S. Thrun, L.K. Saul, B. Schölkopf // Advances in Neural Information Processing Systems 16. MIT Press, 2004. Pp. 1319–1326.
9. **Белинский И.А., Смородов Ю.А., Соколов В.С.** Зимнее содержание аэродромов. М.: Транспорт, 1982. 158 с.
10. **Часовников В.Г.** Исследование глиссирования колес самолетов на мокрых аэродромных покрытиях: дис. ... канд. техн. наук. Л., 1972.
11. **Gerthoffert J.** Modelling of aircraft braking coefficient from IMAG friction measurements / C. Grosjean, V. Cerezo, Minh-Tan Do // Airports in Urban Networks. Paris, 2014.

12. Программы развития систем организации воздушного движения Европы и США SESAR и NextGen. Аналитический обзор по материалам зарубежных информационных источников / под ред. Е.А. Федосова. М.: ГосНИИАС, 2011, 256 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Никулин Андрей Олегович, первый заместитель генерального директора международного аэропорта Шереметьево по производству, nao@svo.aero.

THE SYSTEM OF COLLABORATIVE DECISION MAKING AS AN EFFECTIVE TOOL FOR THE ORGANIZATION OF THE AIRPORT OPERATION IN PEAK LOADS

Andrey O. Nikulin¹

¹*Sheremetyevo International Airport, Moscow, Russia*

ABSTRACT

In the article the analysis of functioning a joint decision-making (A-CDM) system of Sheremetyevo Airport is presented during airport operation in a "rush hour". Domestic and international programs of air traffic management (ATM) development assume that the airports will be completely included into the air traffic management network as components of this network. Cooperative decision-making will be used to provide a "seamless" process of planning. This process will take place with participation of airspace users, suppliers of an air navigation service and airports (with use of the automated facilities of arrival, departure and traffic on airfield surface) for the benefit of sequence management to increase runway capacity. The runway equipment has to be modernized, separation standards among aircraft on arrival and departure should be reduced, modern navigation and traffic control on an airfield surface aids have to operate. The runway is referred to the resources which operate according to the principle of only one client service. Influence of weather conditions (the wet runway, severe wind, low visibility) determines the airfield capacity. Arrival and departure control allows optimizing aerodrome operation from the view of cost efficiency and ecology. The system of joint decision-making for an airport is a complex of the procedures aimed at increasing level of air traffic flows organization, airfield and airspace capacity through raising a level of event predictability and optimization of the resource use process. The system allows operating information to obtain the modified output data for decision-making. The main system objectives are to increase the level of temporary accuracy of an event emergence and also its predictability.

Key words: system of joint decision-making – Airport Collaborative Decision Making (A-CDM), marginal weather conditions, airport.

REFERENCES

1. **Borsoev, V.A., Lebedev, G.N., Malygin, V.B., Nechaev, E.E., Nikulin, A.O. and Tin, Pkhon Chzho.** (2018). *Prinyatie resheniya v zadachakh upravleniya vozdushnym dvizheniyem. Metody i algoritmy* [Decision Making in Air Traffic Management Tasks. Methods and Algorithms]. Moscow: Radiotekhnika, 432 p., pp. 37–92. (in Russian)
2. **Nikulin, A.O. and Popov, A.A.** (2015). *Vnedrenie protsedur A-CDM v aeroportu Sheremetevo* [Implementation of A-CDM procedures at Sheremetyevo airport]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 221, pp. 68–80. (in Russian)
3. **Malygin, V.B. and Nechaev, E.E.** (2014). *Metod snizheniya konfliktnosti na standartnikh marshrutakh vyleta i pribytiya* [Method of conflict resolution on standard departure and arrival routes]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 209, pp. 117–123. (in Russian)
4. **Pyatko, S.G.** (2017). *Povyshenie effektivnosti upravleniya vozdushnim dvizheniem v Moskovskoy zone ES OrVD* [Improving the efficiency of air traffic management in the Moscow zone of the

ATM]. Aviation explorer. URL: <https://www.aex.ru/docs/4/2017/12/22/2701> (available at: 22.12.2017). (in Russian)

5. **Lyudomir, A.V. and Orlov, V.S.** (2014). *Imitatsionnoe modelirovanie dinamicheskoy vozdushnoy obstanovki v upravlyaemom vozdushnom prostranstve* [Simulation modeling of dynamic air conditions in controlled airspace]. *Prikladnaya informatika* [Applied Informatics], vol. 5, no. 53, pp. 89–97. (in Russian)

6. **Zolotukhin, V.V., Isaev, V.K. and Davidson, B.Kh.** (2009). *Nekotorye aktualnye zadachi upravleniya vozdushnim dvizheniem* [Some actual problems of air traffic control]. Proceedings of MIPT, vol. 1, no. 3, pp. 94–114. (in Russian)

7. **Ozlem, S.M.** (2015). *Optimum arrival routes for flight efficiency*. Journal of Power and Energy Engineering, no. 3, pp. 449–452.

8. **Paninski, L.** (2004). *Design of experiments via information theory*. Ed. S. Thrun, L.K. Saul, B. Schölkopf. Advances in Neural Information Processing Systems 16, pp. 1319–1326. MIT Press.

9. **Belinskiy, I.A., Smorodov, Yu.A. and Sokolov, V.S.** (1982). *Zimnee sodержanie aerodromov* [Winter maintenance of airfields]. Moscow: Transport, 158 p. (in Russian)

10. **Chasovnikov, V.G.** (1972). *Issledovanie glissirovaniya koles samoletov na mokrykh aerodromnykh pokritiyakh* [Research wheels of planes aquaplaning on wet air field coverings] *Dis. kand. tekhn. nauk* [The dissertation of PhD of Tech. Sci.]. Leningrad. (in Russian)

11. **Gerthoffert, J., Grosjean, C., Cerezo, V., Do, Minh-Tan.** (2014). *Modelling of aircraft braking coefficient from IMAG friction measurements*. Airports in Urban Networks. Paris.

12. *Programmy razvitiya system organizatsii vozdushnogo dvizheniya Evropy i SSHA SESAR i NextGen: analiticheskiy obzor po materialam zarubezhnikh informatsionnikh istochnikov* [Programs for the development of air traffic management systems in Europe and the US SESAR and NextGen: an analytical review on the materials of foreign information sources]. (2011). Ed. by E.A. Fedosov. Moscow: GosNIIAS, 256 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Andrey O. Nikulin, First Deputy of General Director for Production of Sheremetyevo International Airport, nao@svo.aero.

Поступила в редакцию 09.02.2018
Принята в печать 18.09.2018

Received 09.02.2018
Accepted for publication 18.09.2018