

УДК 621.396

## ВНЕДРЕНИЕ ПРОЦЕДУР А-CDM В АЭРОПОРТУ ШЕРЕМЕТЬЕВО

А.О. НИКУЛИН, А.А. ПОПОВ

Описывается внедрение в аэропорту Шереметьево системы совместного принятия решений - Airport Collaborative Decision Making (A-CDM). Задачи системы A-CDM для аэропорта Шереметьево заключаются в повышении эффективности планирования и использования ресурсов, обеспечении бесперебойной работы аэропорта при тесном взаимодействии всех партнеров и операторов, участвующих в обслуживании пассажиров, багажа, грузов, и перевозящих их воздушных судах (ВС).

**Ключевые слова:** система совместного принятия решений - Airport Collaborative Decision Making, A-CDM.

### ВВЕДЕНИЕ

Ситуация дефицита производственных мощностей для удовлетворения спроса на авиаперевозки давно известна в сегменте аэропортовой деятельности. Каждый аэропорт, когда-нибудь сталкивается с дефицитом пропускной способности. У этой проблемы есть два решения: строительство новых производственных мощностей и технологические решения. Экономически целесообразно перед вкладыванием больших средств в развитие инфраструктуры максимально использовать имеющиеся мощности. Это решается за счёт разработки и внедрения инновационных технологий. Вопрос внедрения новых технологий не должен ложиться только на плечи аэропорта. Процесс решения этих задач должен быть кооперативным, в нем должны принимать участие все операторы, осуществляющие деятельность на территории аэропорта, и органы по обслуживанию воздушного движения. Только совместное принятие решений позволяет получить максимальную отдачу от мощностей объектов инфраструктуры аэропорта без больших капиталовложений.

Международный аэропорт Шереметьево продолжает занимать лидирующие позиции по внедрению инновационных технологий в России. Столкнувшись с ограничением технических возможностей, аэропорт Шереметьево принял решение по развитию инфраструктуры и инновационных технологий. Изучив зарубежный опыт, специалисты Шереметьево совместно с ОАО «Аэрофлот» и филиалом «МЦ АУВД» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» создали рабочую группу и разработали Концепцию внедрения системы совместного принятия решений A-CDM (Airport Collaborative Decision Making) в аэропорту Шереметьево. Разработанная концепция характеризуется следующим:

- процесс совместного принятия решений (CDM) позволяет всем участникам процесса принимать затрагивающие их решения по организации воздушного движения (ОрВД), т.е. CDM не ограничивается какой-либо отдельной сферой, например, аэропортом или полетами по маршруту;
- процесс CDM будет действовать по отношению к решениям всех уровней, начиная от долгосрочного планирования и кончая реальными операциями;
- процесс CDM можно применять как активно, так и пассивно, посредством совместно согласованных процедур;
- эффективное управление информацией и совместное ее использование позволят всем участникам процесса получать информацию, оказывающую важное влияние на решения других участников;
- любой участник процесса может предложить вариант решения (это приносит особую пользу в сочетании с эффективным осуществлением функции управления информацией).

Задачи системы A-CDM для аэропорта Шереметьево заключаются в повышении эффективности планирования и использования ресурсов, обеспечении бесперебойной работы аэропорта при тесном взаимодействии всех партнеров по A-CDM (рис. 1).



Рис. 1. Задачи A-CDM

Ключевые концептуальные изменения включают следующие решения:

- процесс совместного принятия решений на стратегическом этапе обеспечит оптимизацию использования средств для получения максимальной отдачи и служит основой для прогнозируемого распределения и планирования;
- процесс коллективного принятия решений, по мере возможности, на предтактическом этапе позволит корректировать использование средств, распределение ресурсов, прогнозируемые траектории, структуризацию воздушного пространства и планирование времени прибытия/отправления для аэродрома Шереметьево и района воздушного пространства в целях устранения любого дисбаланса;
- на тактическом этапе действия будут включать динамичное изменение времени прибытия/отправления для аэродрома и района воздушного пространства и корректировку расписания пользователями.

A-CDM может применяться для широкого спектра мероприятий от стратегического планирования (например, инвестиций в инфраструктуру) и до операций в реальном масштабе времени. Реализация концепции A-CDM в аэропорту Шереметьево определяет порядок внедрения основных шести элементов, рекомендованных Евроконтролем.

### АРХИТЕКТУРНОЕ ИТ-РЕШЕНИЕ «СИНХРОН»

Центральное оборудование системы Синхрон базируется на технологии Oracle Real Application Cluster и использует 2 сервера HP ProLiant 560. Вычислительная мощность серверов позволяет обеспечивать работу 2000 клиентов системы одновременно, кластер позволяет обеспечивать отказоустойчивость в режиме 7/24.

Разработанный алгоритм и внедренный программный модуль «Синхрон» по расчету пропускной способности комплекса взлетно-посадочных полос с искусственным

покрытием (комплекс ИВПП) позволяет производить перерасчет пропускной способности комплекса (при вводе ограничений) и обеспечивает гибкий подход к формированию сбалансированного прилетающего и вылетающего потоков, с учетом категории ВС по турбулентности спутного следа на этапах стратегического и тактического планирования полетов (рис. 2).

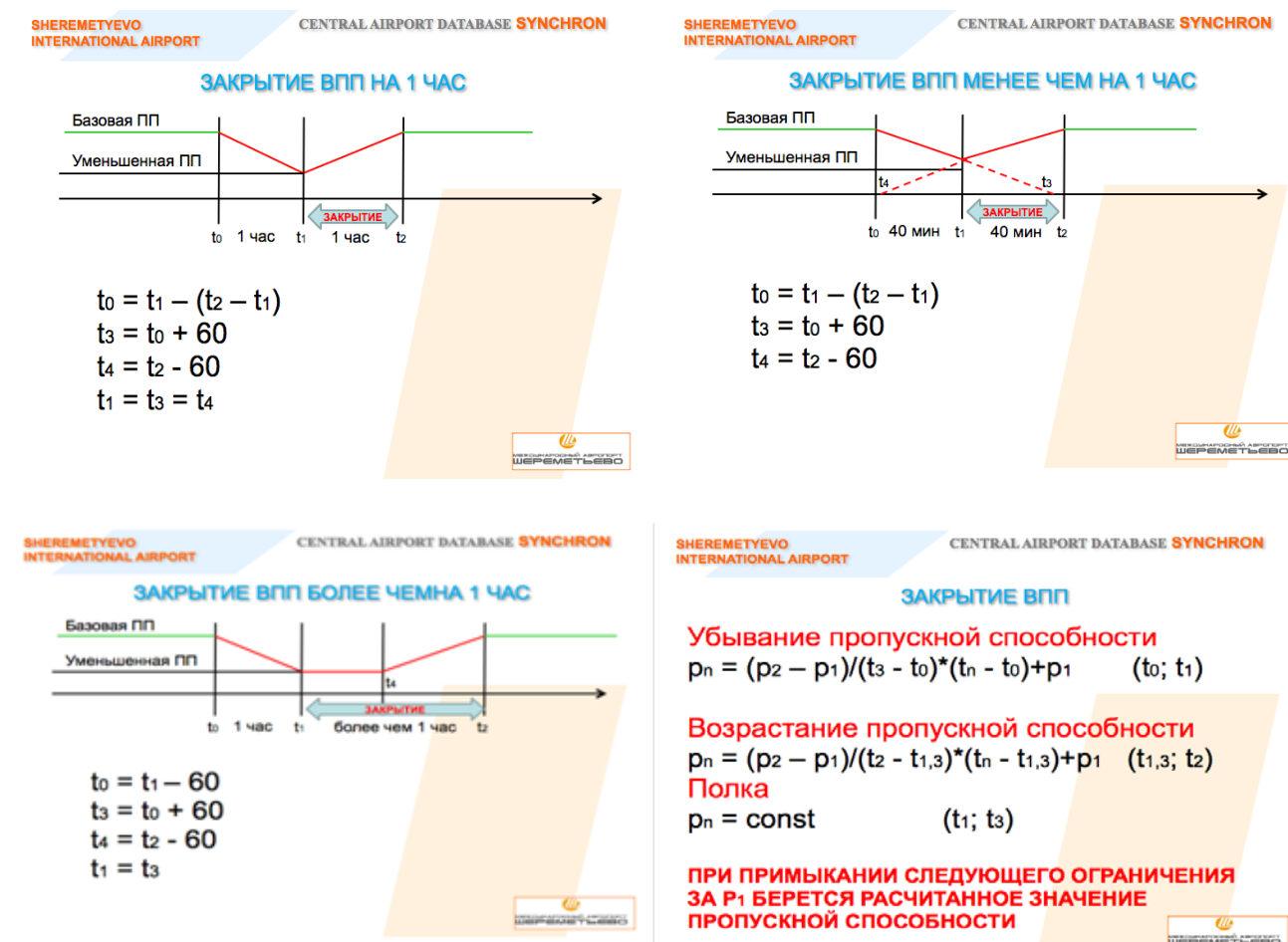


Рис. 2. Алгоритм расчета пропускной способности комплекса ИВПП

При возникновении необходимости закрыть одну ИВПП на очистку или ремонтные работы оперативные работники аэропорта Шереметьевского Центра по обслуживанию воздушного движения (ШЦ ОВД) и базовых перевозчиков, анализируют обстановку на перронах и воздушную обстановку в части интенсивности движения ВС. Путем моделирования определяется период и продолжительность закрытия ИВПП и, соответственно, норматив пропускной способности ИВПП (НПС ИВПП) (табл. 1) в данный период времени.

Таблица 1

Зависимость пропускной способности аэродрома Шереметьево от влияющих на неё факторов

	Работа комплекса ИВПП с двух ИВПП	Значения пропускной способности комплекса ИВПП (ВПО/час)
1	Без ограничений	55
2	К.сц. менее 0,35	42
3	закрытие РД-13	42
4	III «А» категория ИКАО	15

Продолжение табл. 1

	Работа комплекса ИВПП с одной ИВПП	Значения пропускной способности комплекса ИВПП (ВПО/час)
5	К.сц. от 0,6 до 0,4	38
6	К.сц. 0,39 и менее	35
7	Метеоусловия от LVP	30
8	III «А» категория ИКАО	15

Интервал закрытия вносится в систему и автоматика пересчитывает НПС ИВПП. Данный алгоритм оперативного расчета пропускной способности комплекса ИВПП обеспечивает гибкий подход к формированию потоков прилетающих и вылетающих ВС с учетом категорий ВС по турбулентности спутного следа и позволяет точно прогнозировать интервалы, где возникнет перегрузка, что позволяет своевременно произвести корректирующие мероприятия (рис. 3).

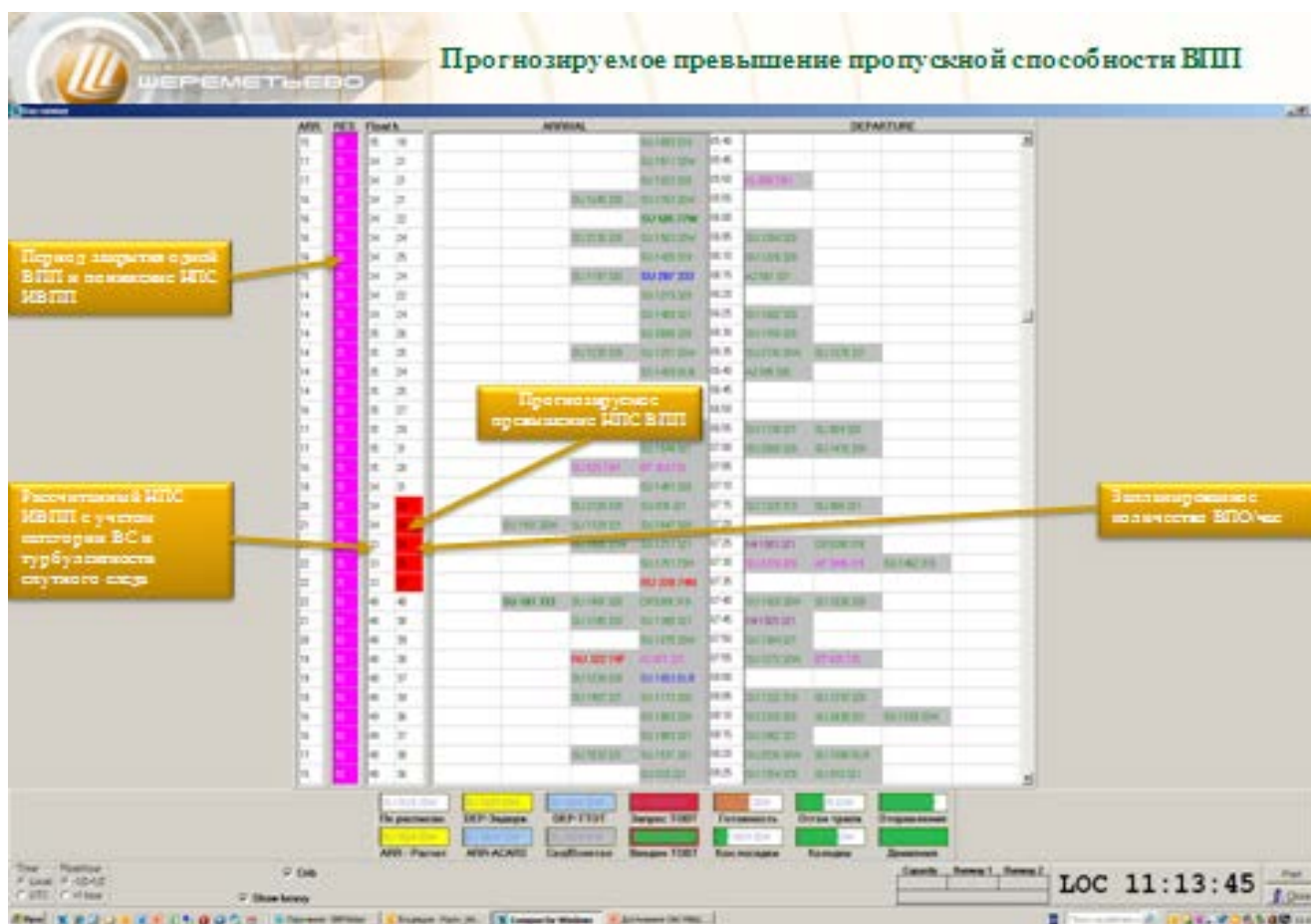


Рис. 3. Моделирование периода понижения пропускной способности комплекса ИВПП и прогнозирование интенсивности движения

Для стратегического планирования полетов разработан и внедрен модуль дифференцированной оценки загруженности комплекса ИВПП в «Синхрон», который позволяет прогнозировать возникновения перегрузок и гибко рассчитывать норматив пропускной способности ИВПП с учетом категорий ВС по турбулентности спутного следа на долгосрочный период с детализацией: прилет/вылет, по дням недели, по времени суток на всю глубину плана полетов (рис. 4). Из базы данных расписания движения ВС

формируется суточный план полетов (на пять суток вперед), анализируя который, можно заблаговременно разработать и довести до оперативных работников корректирующие мероприятия (рис. 5).

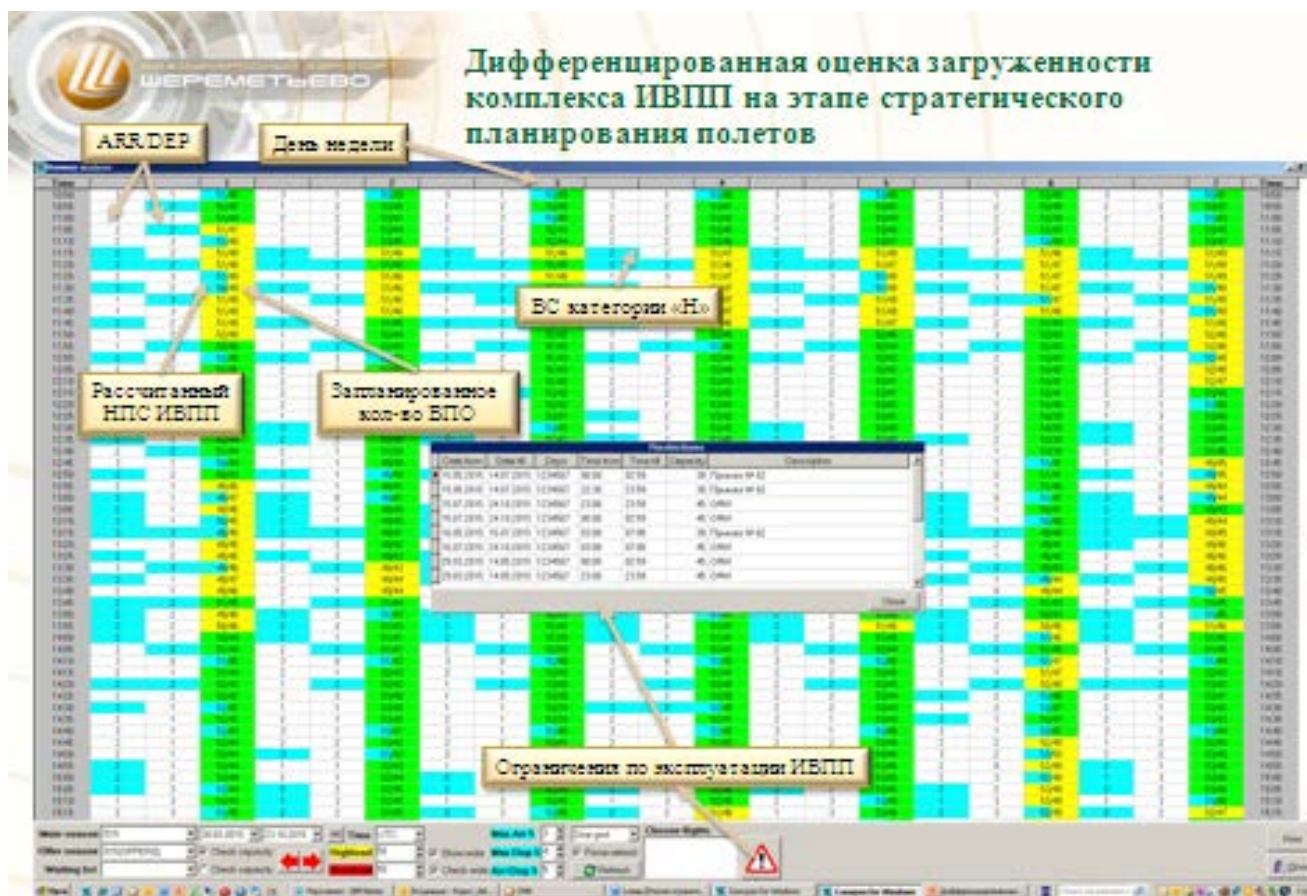
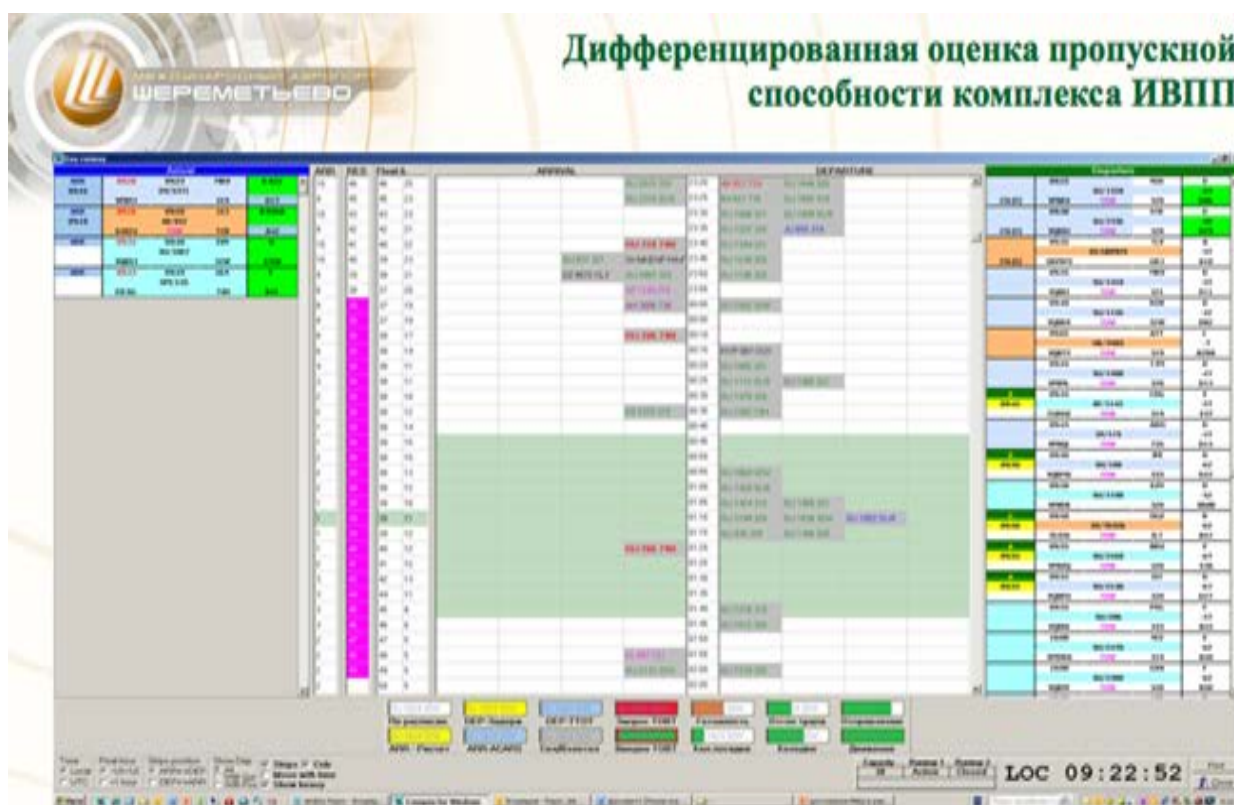


Рис. 4. Модуль дифференцированной оценки загруженности ИВПП, используемый для стратегического планирования полетов

Элемент концепции «Поэтапный подход» заключается в дальнейшем повышении уровня общей ситуационной осведомленности всех партнеров в аэропорту Шереметьево в случае прибывающего рейса и на этапах нахождения воздушного судна на промежуточной стоянке между двумя рейсами. Более подробно можно выделить следующее:

- определить значимые события, позволяющие отслеживать статус полетов, и распределить данные ключевые события по этапам;
- определить измененные информационные данные и инициирующие события: новые параметры, обновление выходных расчетных данных, аварийные сообщения, уведомления и т.д.;
- определить качество данных в терминах точности, своевременности, надежности, стабильности и предсказуемости на основе данных окна времен перехода;
- гарантировать связь между прибывающими и вылетающими рейсами в аэропорту Шереметьево;
- обеспечить раннее принятие решения при возникновении прерывания события;
- повысить качество информации.



Модернизация модуля «Day Runway», обеспечивающая отображение информации о фактическом количестве запланированных рейсов в плавающем часе, динамике их движения и ходе подготовки ВС, периоде и причине закрытия ИВПП, расчетном и нормативном НПС ИВПП, позволяет своевременно прогнозировать обстановку обслуживающему оператору и ИЦ ОВД в части формирования вылетающего потока ВС за счет назначения расчетного времени взлета и освобождения МС с учетом индивидуального времени руления и облива ВС.

8

Рис. 5. Модуль дифференцированной оценки загрузки комплекса ИВПП, используемый для предтактического планирования полетов

Поэтапный подход базируется на:

- наборе отобранных этапов на протяжении всего полета (прибытие, приземление, постановка на стоянку, нахождение на стоянке, выруливание и отправление), во время которых меняются партнеры, вовлеченные в процесс организации полета;
- эффективности временных затрат, которая измеряется отдельно для каждого этапа и между двумя этапами (рис. 6 - 8).

Элемент концепции «Измеряемое время руления» - это точные величины времени руления ВС по каждому типу в отдельности с учетом расположения МС, коэффициента сцепления и рабочего курса ВПП. Данное время используется при расчете важных временных параметров в Поэтапном подходе:

- расчетное время постановки на стоянку;
- предполагаемое и планируемое время вылета;
- расчетное время взлета, определяемое органом оперативного планирования воздушного движения (ОПВД).

Наиболее важные параметры, влияющие на величину времени руления:

- план аэропорта Шереметьево и инфраструктура;

- используемые взлетно-посадочные полосы (включая расстояние от мест ожидания на рулежной дорожке, примыкающей к ВПП);
- количество необходимых перекрестков на взлетно-посадочной полосе;
- расположение места стоянки воздушного судна;
- метеорологические условия и состояние рулежных дорожек (РД);
- тип ВС;
- время получения разрешения на начало движения с места стоянки;
- удаленная противообледенительная обработка ВС;
- интенсивность движения ВС.

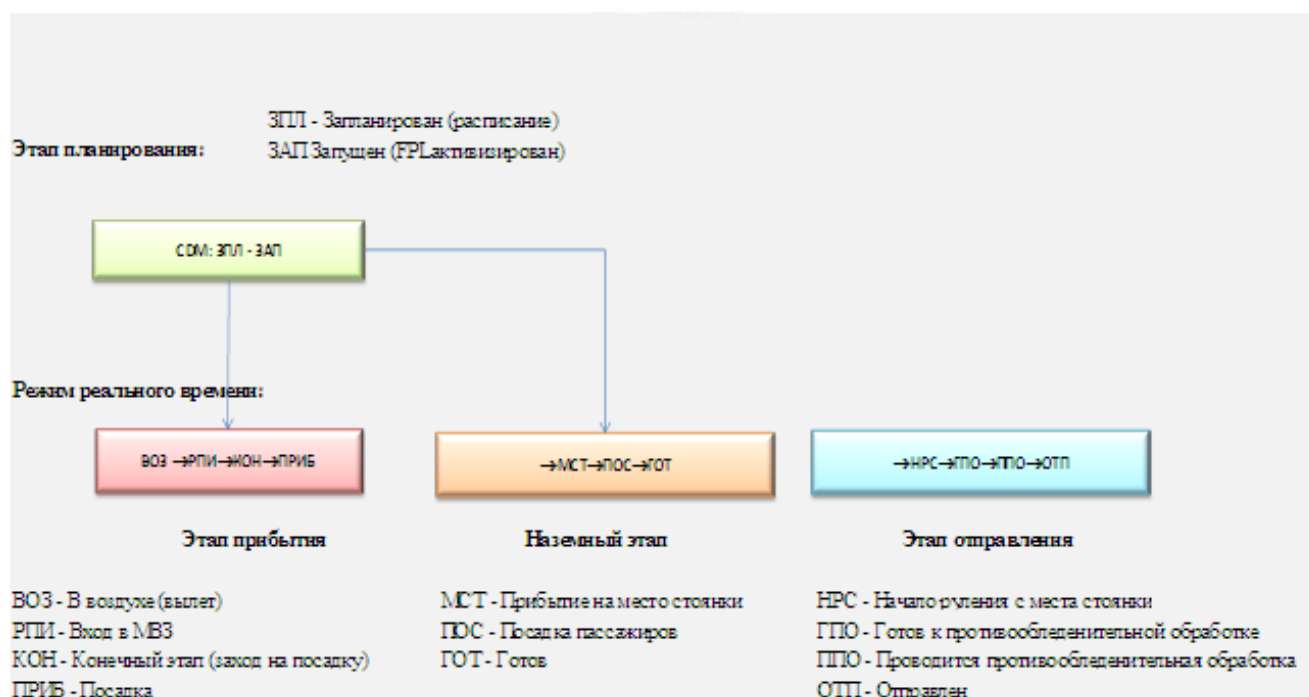


Рис. 6. Основные этапы A-CDM

Элемент концепции «**Общая последовательность действий при подготовке к отправлению**» позволяет достичь основных целей элемента концепции «Порядок действий перед отправлением» (последовательность отправления):

- повысить уровень понимания последовательности;
- повысить прогнозируемость событий, используя прогнозирование величин планируемого времени запуска двигателей и планируемого времени вылета;
- обеспечить пунктуальность выполнения действий (например, строгое соблюдение слотов, расписание авиаперевозчиков).

Для определения последовательности действий перед отправлением должны быть реализованы такие элементы концепции, как Обмен информацией, Поэтапный подход и Изменяемое время руления. В дальнейшем реализация данного элемента будет являться ключевым требованием для применения других элементов концепции. При наличии элемента «Определение последовательности отправления» авиаперевозчик или оператор в аэропорту Шереметьево могут выразить через планируемое время начала движения ВС свои предпочтения относительно порядка выруливания с места стоянки или взлета (рис. 9 - 11).

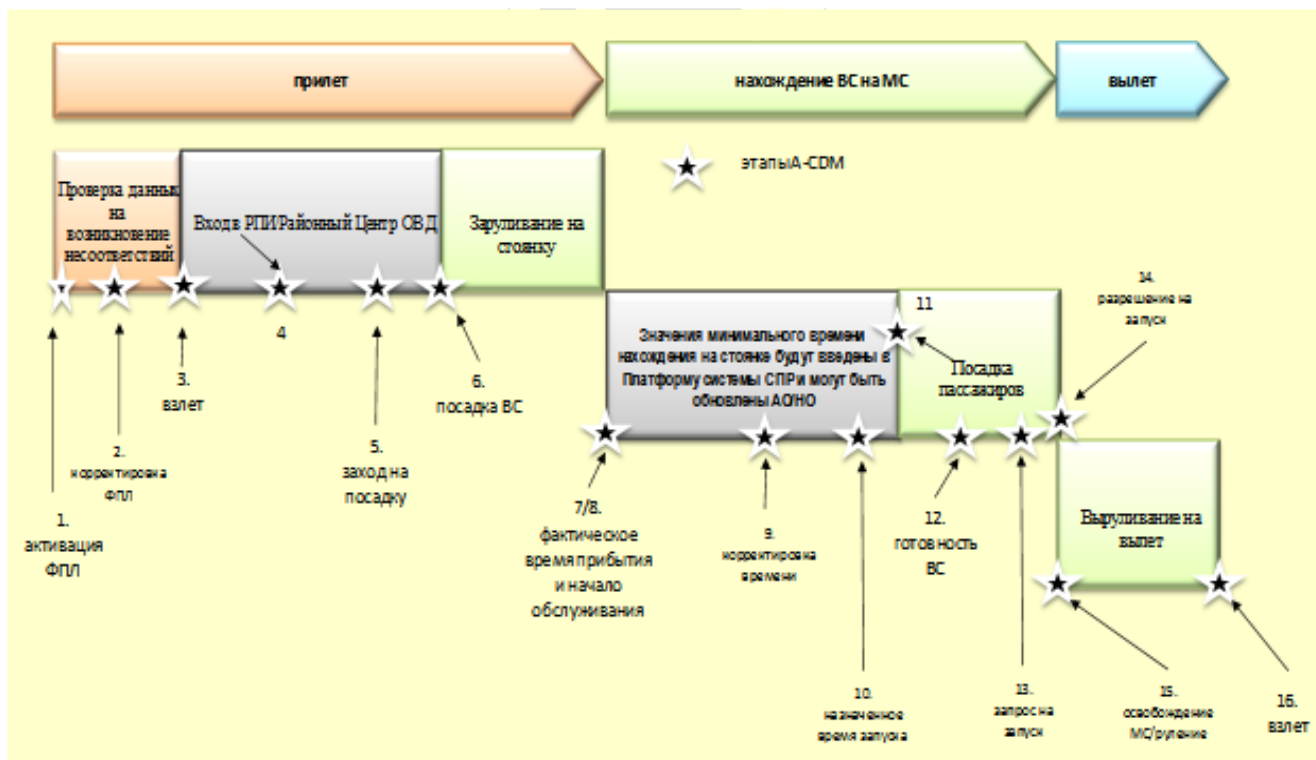


Рис. 7. 16 этапов А-СДМ

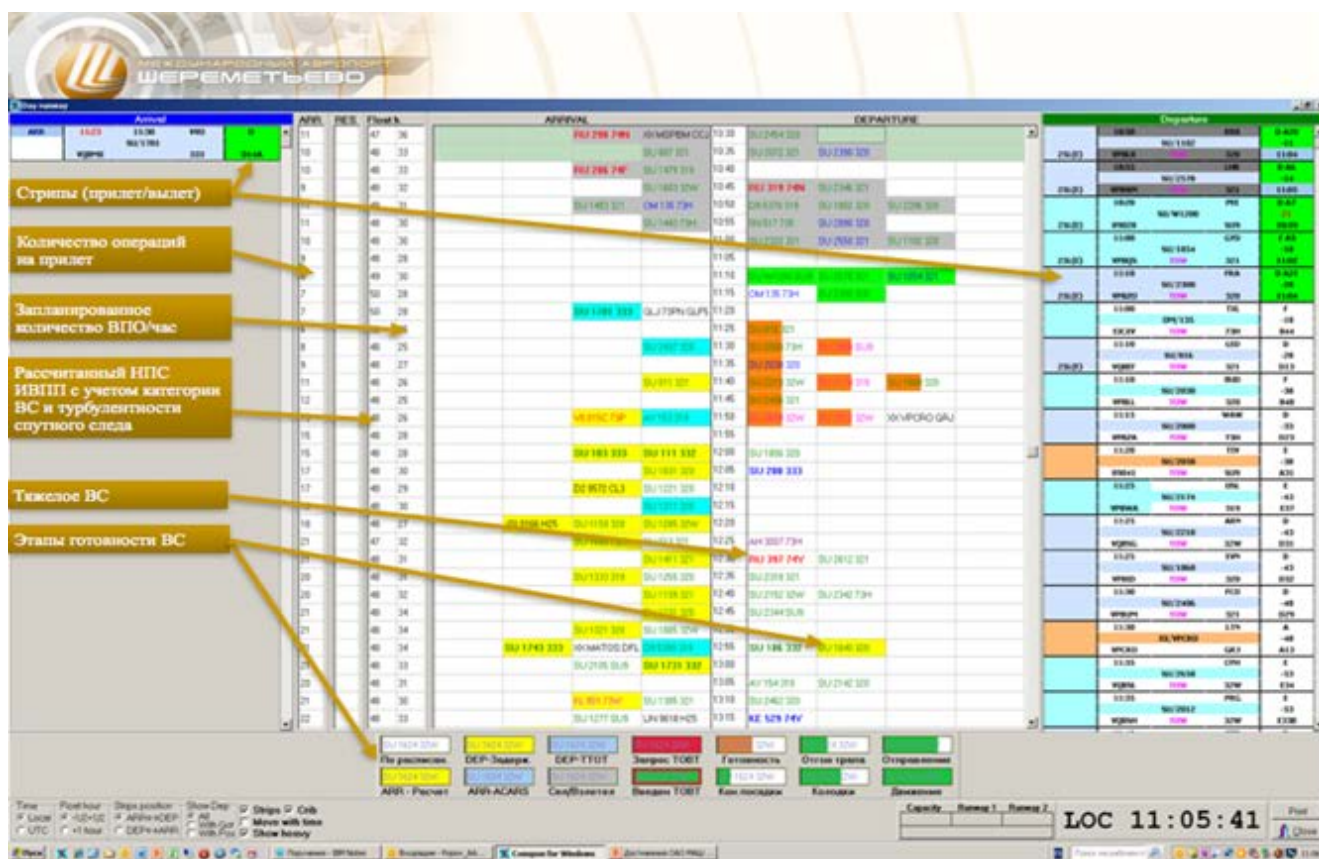


Рис. 8. Предоставление информации о ходе выполнения полета и готовности ВС к вылету



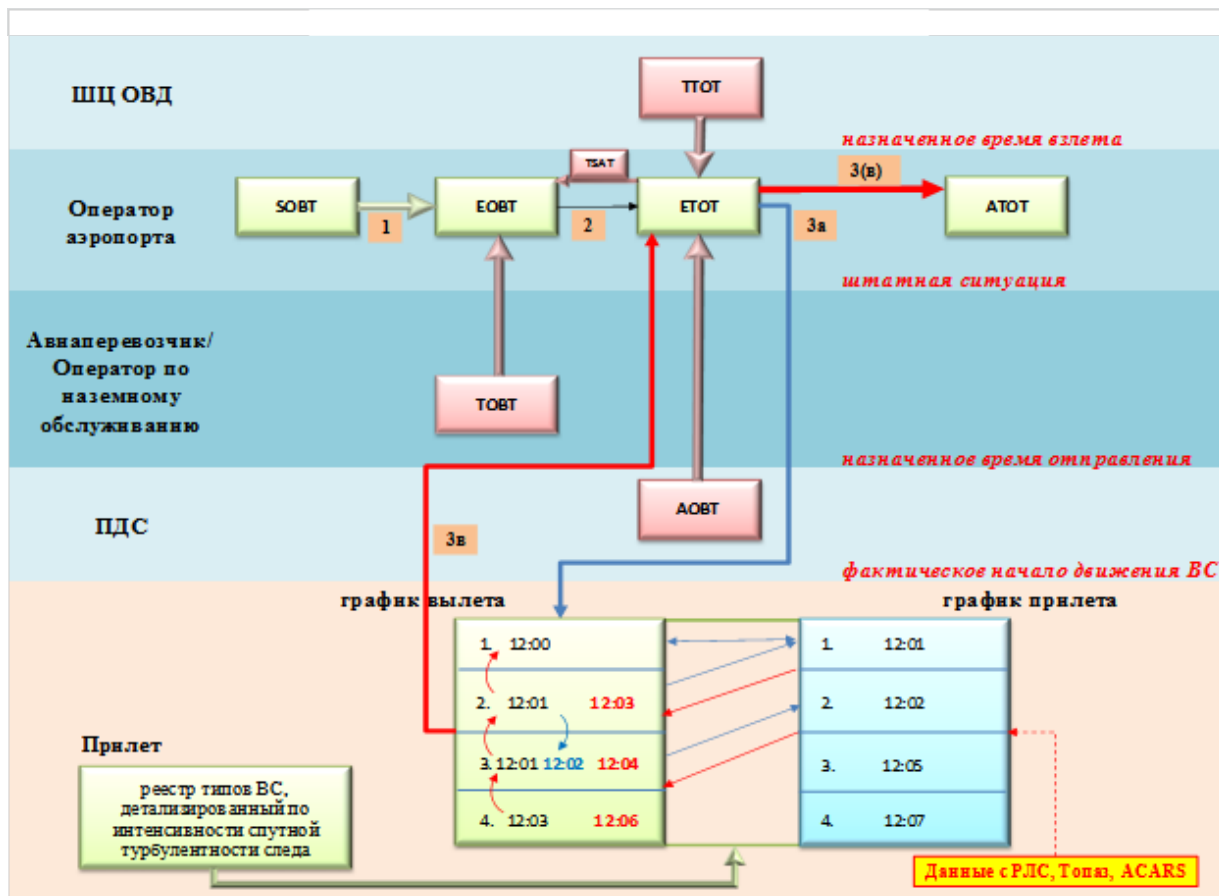


Рис. 9. Алгоритм формирования последовательности отправления и взлета ВС

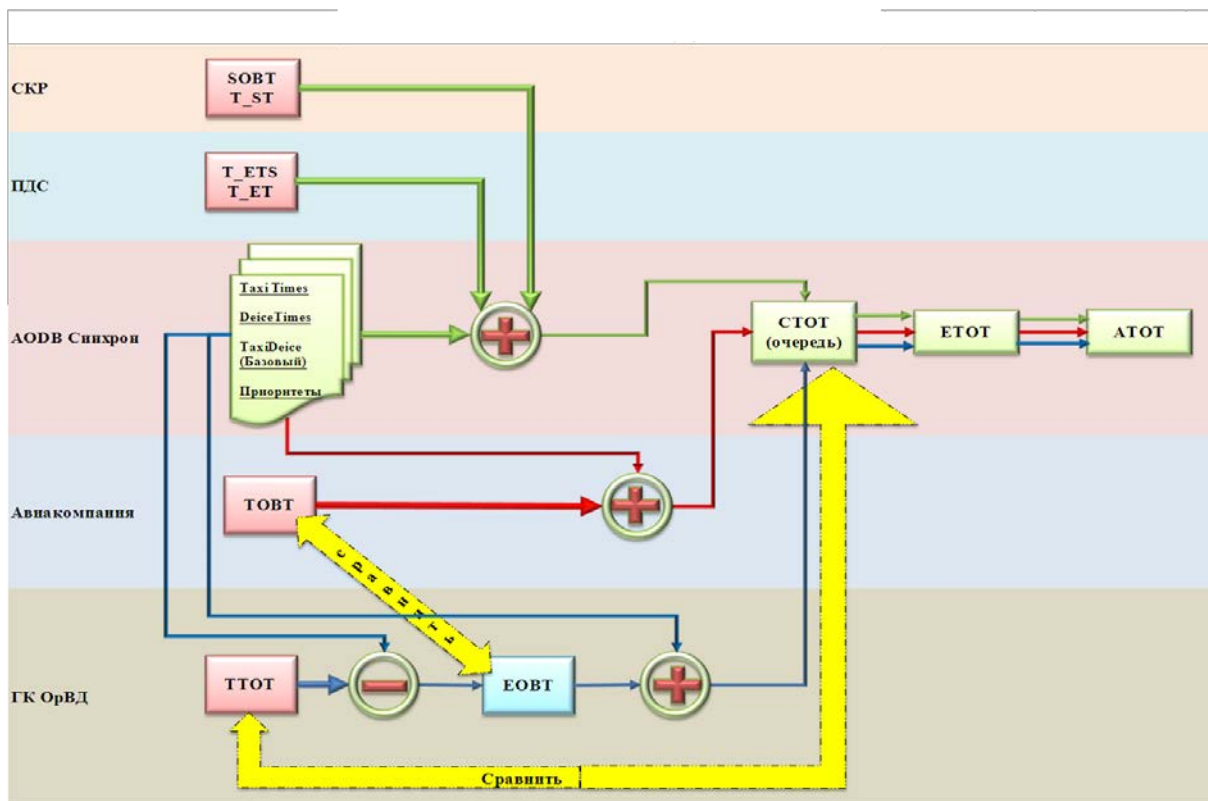


Рис. 10. Модуль «Синхрон» по формированию последовательности отправления ВС

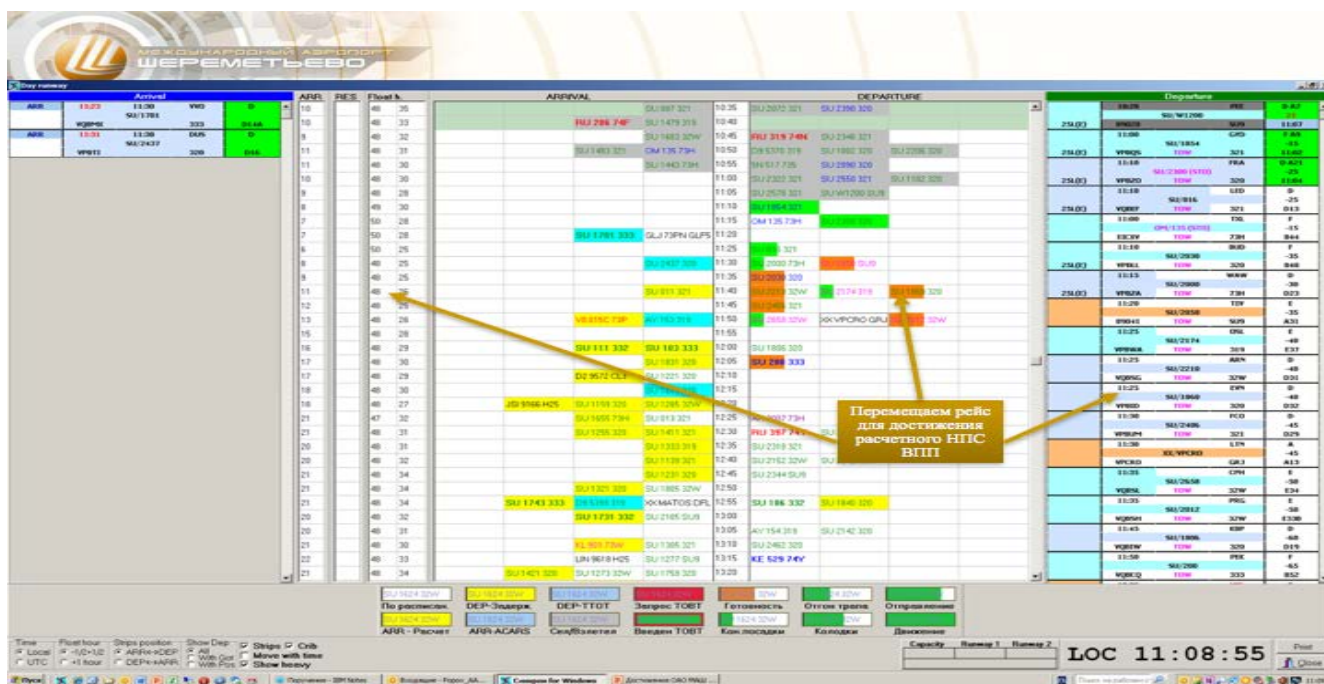


Рис. 11. Последовательность отправок и взлетов ВС при вводе ограничений и приоритетов авиакомпаний

Построение очереди на взлет формируется на базовом принципе: ко времени отправления по расписанию или задержке рейса автоматика добавляет индивидуальное время руления для данного типа ВС с учетом расположения МС и рабочего курса ВПП, при заказе добавляется время обработки ВС противообледенительной жидкостью. Исходя из этих данных, автоматика рассчитывает время взлета, формирует очередность движения ВС. Если авиакомпании необходимо обозначить приоритет отправления ВС или плановое время изменяется, то оператор вводит целевое время отправления, которое учитывается автоматикой как назначенное, последовательность расчета времени взлета аналогична штатной ситуации. Если прогнозируется превышение пропускной способности ВПП или возникает необходимость сбалансировать поток вылетающих ВС, то назначается расчетное время взлета, на базе которого производится расчет времени отправления с учетом приоритета, определенного авиакомпаниями.

Поэтапное внедрение процедур системы совместного принятия решений на платформе инновационной производственной базы данных «Синхрон» уже позволяет ее участникам оптимизировать свои операции и решения благодаря сотрудничеству друг с другом на основе знания своих предпочтений, ограничений, реальной и прогнозируемой обстановки. Итогом данного взаимодействия и автоматизации процессов, IT решений и процедур, разработанных и внедренных специалистами Шереметьево, обеспечили:

- работу всех партнеров в едином информационном поле;
- сокращение времени руления ВС от отправления до взлета;
- экономию ресурса работы двигателей ВС;
- экономию расхода авиационного топлива;
- снижение затрат на авиационное топливо;
- снижение негативного воздействия работающих двигателей на окружающую среду;
- сбалансированность вылетающего потока ВС с учетом турбулентности спутного следа;
- прогнозируемость событий;
- гибкий подход к расчету НПС ИВПП с учетом фактической обстановки;

- своевременный обмен информацией между всеми участниками процесса A-CDM на базе единой IT платформы.

Измерение процессов производится в разработанном модуле автоматизированного расчета ключевых показателей эффективности (KPI), который позволяет оперативно получать необходимые данные для анализа отработанного периода и определять направления для проведения корректирующих мероприятий (рис. 12 - 13).

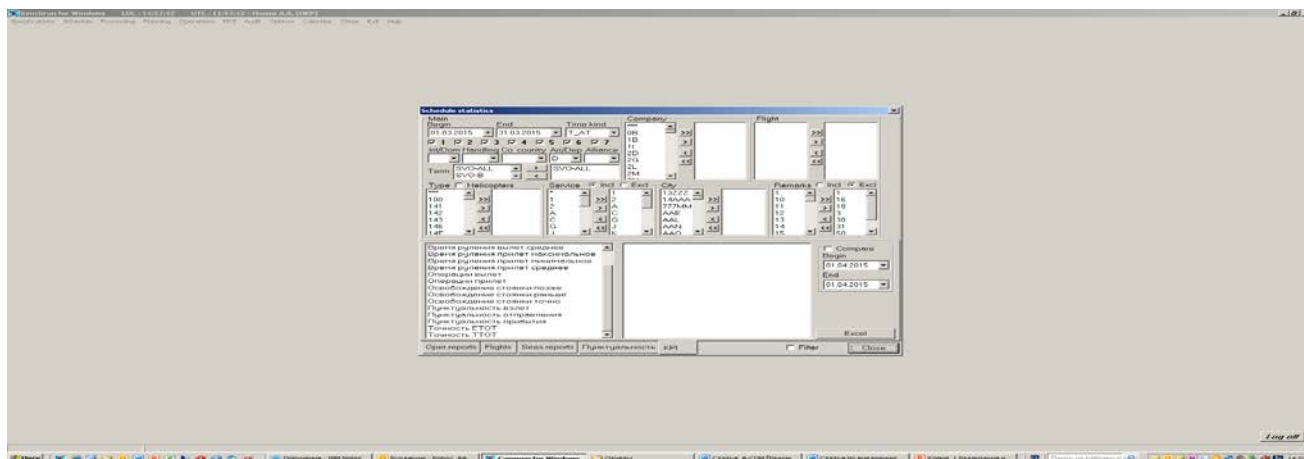


Рис. 12. Модуль «Синхрон» для автоматизированного расчета KPI

Измерение процесса за три недели февраля 2015 в сравнении с аналогичным периодом 2014 г.г.

Показатель	Тенденция
Среднечасовая интенсивность воздушного движения (ВС/час)	+ 3,7%
Среднее время руления ВС после посадки	- 3%
Среднее время руления ВС на вылет	- 11%
Соблюдение слотов аэропорта на вылет пассажирские рейсы ЮТК (Δ +/- 15 min)	+ 2,7%
Соблюдение слотов ОПВД пассажирские рейсы ЮТК	+ 3,7 %
Точность расчетного времени вылета	Δ +/- 1 min
Точность назначенного времени вылета	Δ +/- 2 min

Рис. 13. Отчет KPI

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в аэропорту Шереметьево полностью внедрен элемент A-CDM № 2 «Изменяемое время руления». Параллельно продолжают разработки и внедрения этапов элементов A-CDM: № 0 «Система обмена информацией», № 1 «Поэтапный подход», № 3 «Общая последовательность действий при подготовке к отправлению» и № 4 «Система совместного принятия решений в неблагоприятных условиях».

Аэропорт Шереметьево является первым аэропортом в России, который начал полноценную разработку и внедрение процедур A-CDM, используя при этом собственную разработку, не уступающую по своим возможностям и функциональности лучшим мировым аналогам. Предварительная работа по разработке концепции, изучению зарубежного опыта, определению принципов совместного принятия решения и программирование разработанных алгоритмов уже в настоящий момент привели к конкретным экономическим и качественным результатам. Совместное принятие решений Центром управления аэропортом АО «МАШ», Хаб контролем базовой авиакомпании «Аэрофлот» и Шереметьевским центром ОВД окажет положительное влияние на эффективность работы всех партнеров, участвующих в реализации проекта, будет способствовать сокращению времени, затрачиваемого на планирование

ресурсов, и полетного времени ВС за счет повышения точности прогнозирования, что в конечном итоге приведет к значительному снижению затрат авиакомпаний и окажет благотворительное влияние на удовлетворенность клиентов аэропорта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Safety Assessment of Airport Collaborative Decision Making (ACDM), V1.2 December 2006, EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION.
2. The Manual Airport CDM Implementation, April 2012, e-version /Airport CDM adverse conditions, EUROCONTROL.
3. Руководство по совместной организации потоков воздушного движения, DOC 9971 AN/485, ICAO, 2014.
4. Field Observations during Airport-CDM Turn-Round Process Study on Airline's Approach to TOBT Assignment, Matthias Groppe, School of Engineering CRANFIELD University Cranfield, Bedfordshire, UK, Romano Pagliari, Air Transport Department CRANFIELD University Cranfield, Bedfordshire, UK, Don Harris, Human Factors Group CRANFIELD University Cranfield, Bedfordshire, UK.
5. DPI & FUM Implementation Road Map, 1.600, 19 Mar 2015, Hans Koolen.
6. DPI Implementation Guide, 1.800, 19 Mar 2015, Hans Koolen.
7. FUM Implementation Guide, 1.400, 19 Mar 2015, Hans Koolen.
8. EUROCONTROL Specification for ATS Data Exchange Presentation (ADEXP), 3.1, 25/10/2011, EUROCONTROL.
9. Airport CDM Functional Requirements Document, 4.0, may 2009, EUROCONTROL.

## IMPLEMENTATION PROCEDURES A-CDM AT THE AIRPORT SHEREMETYEVO

**Nikulin A.O., Popov A.A.**

The implementation in Sheremetyevo airport system co-decision - Airport Collaborative Decision Making (A-CDM) is described. System tasks A-CDM airport Sheremetyevo lie in the effective planning and use of resources, ensuring the smooth operation of the airport in close cooperation of all partners and operators involved in handling passengers, baggage, cargo, and carrying aircraft (aircraft).

**Key words:** system of joint decision - Airport Collaborative Decision Making (A-CDM).

## REFERENCES

1. Safety Assessment of Airport Collaborative Decision Making (ACDM), V1.2 December 2006, EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION.
2. The Manual Airport CDM Implementation, April 2012, e-version /Airport CDM adverse conditions, EUROCONTROL.
3. Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management DOC 9971 AN/485, ICAO, 2014.
4. Field Observations during Airport-CDM Turn-Round Process Study on Airline's Approach to TOBT Assignment, Matthias Groppe, School of Engineering CRANFIELD University Cranfield, Bedfordshire, UK, Romano Pagliari, Air Transport Department CRANFIELD University Cranfield, Bedfordshire, UK, Don Harris, Human Factors Group CRANFIELD University Cranfield, Bedfordshire, UK.
5. DPI & FUM Implementation Road Map, 1.600, 19 Mar 2015, Hans Koolen.
6. DPI Implementation Guide, 1.800, 19 Mar 2015, Hans Koolen.
7. FUM Implementation Guide, 1.400, 19 Mar 2015, Hans Koolen.

8. EUROCONTROL Specification for ATS Data Exchange Presentation (ADEXP), 3.1, 25/10/2011, EUROCONTROL.
9. Airport CDM Functional Requirements Document, 4.0, may 2009, EUROCONTROL.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Никулин Андрей Олегович**, 1977 г.р., окончил Санкт-Петербургскую Академию гражданской авиации (2000), доцент кафедры УВД МГТУ ГА, автор 3 научных работ, область научных интересов – организация воздушного движения, повышение пропускной способности аэропортов и аэродромов, организация аэропортового производства. E-mail: nao@svo.aero.

**Попов Андрей Аркадьевич**, 1966 г.р., окончил МАВИАТ им. Годовикова (1986), Рижский институт аэронавигации (1999), Высшую школу экономики (2008), отличник воздушного транспорта, начальник Службы координации расписания АО «Международный аэропорт Шереметьево», автор 2 научных работ, область научных интересов – организация воздушного движения, повышение пропускной способности аэропортов и аэродромов. E-mail: popov\_aa@svo.aero.