



**ШЕРЕМЕТЬЕВО**  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОПОРТ

# Цифровой двойник Аэропорта Шереметьево

# НАЦИОНАЛЬНОЕ И МЕЖДУНАРОДНОЕ ПРИЗНАНИЕ И ЛИДЕРСТВО



- **Лучший аэропорт Европы по качеству обслуживания**  
глобальный рейтинг ASQ ACI



- **Мировой лидер по пунктуальности**  
рейтинги международных отраслевых аналитических агентств OAG и Cirium\*



- **Лучший аэропорт мира**  
глобальное исследование британской компании Stasher



- **5 звезд Skytrax**  
рейтинг Терминала В



- **Лауреат «Премии развития» ВЭБ РФ**  
за комплексную модернизацию Северного терминального комплекса



- **Руководители АО «МАШ» лидеры рейтинга «ТОП-1000 российских менеджеров»:**
  - **Председатель Совета директоров АО «МАШ» А.А. Пономаренко** вошел в список наиболее влиятельных бизнес-лидеров России
  - **Генеральный директор АО «МАШ» М.М. Василенко** занимает первое место среди топ-менеджеров в категории «Транспорт» в рейтинге «Высшие руководители ТОП-250»

*\*Шереметьево стал первым аэропортом в России, который разработал и внедрил систему совместного принятия решений с авиакомпаниями (А-СДМ), используя собственную инновационную производственную базу данных «Синхрон»*





## ИНФРАСТРУКТУРА



**3 ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫЕ ПОЛОСЫ**



**135 ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ЧАС**  
пропускная способность аэродрома\*



**110 МЛН ПАССАЖИРОВ В ГОД**  
пропускная способность аэродромной инфраструктуры



**6 ПАССАЖИРСКИХ ТЕРМИНАЛОВ (A, B, C, D, E, F)**  
площадь аэровокзального комплекса **>570 тыс. м<sup>2</sup>**



**80 МЛН ПАССАЖИРОВ/ГОД**  
пропускная способность терминалов



**>380 ТЫС. ТОНН ГРУЗОВ/ГОД**  
мощность грузового комплекса



**3 ТОПЛИВОЗАПРАВОЧНЫХ КОМПЛЕКСА**

\*данные моделирования Airport Research Center, Germany



# Специфика аэропорта



## 1. Неоднородность загрузки

Потребность ресурсов и нагрузка на системы аэропорта в течение дня постоянно меняется. Неоднородность потребности зависит не только от времени, но и от локации.

## 2. Инфраструктура

В аэропорту 2 терминальных комплекса, 3 взлётно-посадочные полосы, 6 пассажирских терминалов, грузовые терминалы, паркинги и автоматизированные поезда.

## 3. Деньги

Инфраструктура и техника в аэропорту - это дорого. Цены на единицу техники превышают миллион долларов, а нехватка техники приводит к миллионным штрафам.

## 4. Взаимодействие

В обслуживании самолётов и пассажиров принимает участие множество служб и организаций. Задержка любой из них неизбежно приводит к издержкам и опозданиям.

## 5. Погода и сезонность

Аэропорт работает 365 дней в году. Снег, дождь и ветер влияют на технологии работы, на пунктуальность самолётов, на потребность в оборудовании и персонале.

## 6. Регулирование

Деятельность аэропорта жёстко регулируется на разных уровнях законодательства РФ и международными нормативами в авиации.

# Задачи

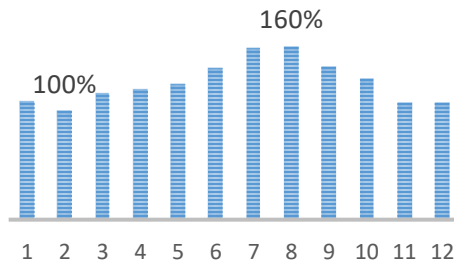


## 1. Снизить риски

## 2. Увеличить прибыль

Для решения данных задач необходимо знать точную потребность в ресурсах на:

МЕСЯЦ



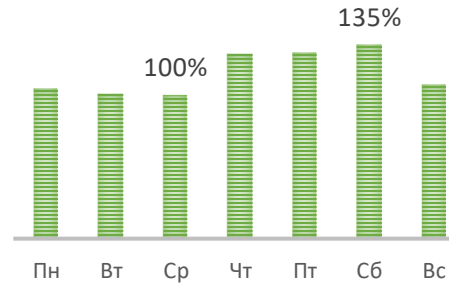
Оптимизируем:

- Затраты на персонал
- Закупки оборудования

Планируем:

- Штатное расписание
- Набор персонала
- Отпуска
- Обучения
- Закупки оборудования
- Ремонты

ДЕНЬ



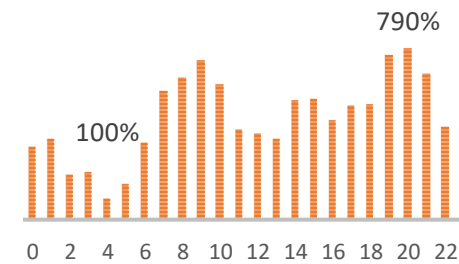
Оптимизируем:

- Затраты на персонал
- Закупки оборудования

Планируем:

- График работы персонала
- Расстановку техники
- Подработки

ЧАС



Оптимизируем:

- Затраты на персонал
- Закупки оборудования

Планируем:

- Смены персонала (ранний выход)
- Обеды/разрывные графики
- Перемещение техники

Итого:

1. Необходимо знать точное количество ресурсов в каждый момент времени.
2. Необходимо знать, где ресурсы будут нужны.
3. Необходимо знать все потребности, так как нехватка одного ресурса приведёт к общему сбою.

# Прогнозирование



Для каждой из прогнозируемой величин были подобраны оптимальные алгоритмы машинного обучения, подготовлены данные, подобраны дополнительные агрегации данных.

Метод прогнозирования	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Итого месяц
2019 - 80% кресел	36%	12%	4%	-1%	-3%	-2%	0%	-1%	12%	13%	9%	5%	19%	26%	23%	27%	23%	28%	16%	27%	39%	35%	30%	22%	27%	20%	25%	36%	30%	20%	10%	17%
2019 (4 кв.) - ML Этап 1	21%	1%	-7%	-11%	-13%	-13%	-10%	-11%	0%	1%	-2%	-6%	6%	13%	10%	14%	10%	15%	8%	14%	25%	22%	17%	9%	14%	9%	12%	22%	18%	8%	-1%	5%
2020 (1 кв.) - ML Этап 2	12%	3%	-1%	0%	-1%	-6%	-4%	-7%	3%	-3%	-3%	-6%	2%	6%	1%	4%	2%	5%	3%	2%	8%	6%	5%	6%	9%	5%	4%	10%	6%	1%	-2%	2%
2021 (3 кв.) - ML Этап 4	-3%	-4%	1%	-1%	-7%	-2%	3%	3%	1%	0%	-1%	-5%	1%	0%	-4%	-3%	-1%	3%	-5%	0%	3%	3%	1%	2%	1%	0%	2%	6%	2%	-3%	0%	0%

Пример повышения результатов прогнозирования для случайного месяца с использованием данных старшего года для прогнозируемого месяца. Сравнение прогноз/факт.

## Что мы знаем?

План полётов авиакомпаний

Статистика

## Что нам необходимо знать?

Количество пассажиров в самолёте

Количество багажа в самолёте

Количество груза, почты

Количество пассажиров бизнес-класса

Профиль прибытия пассажиров

Отклонение самолёта от расписания

Использование паркинга

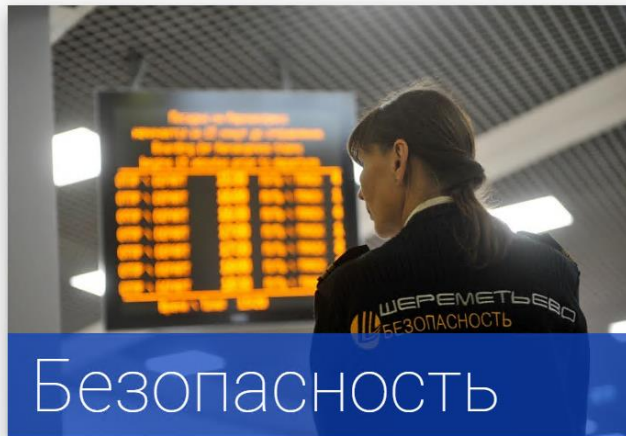
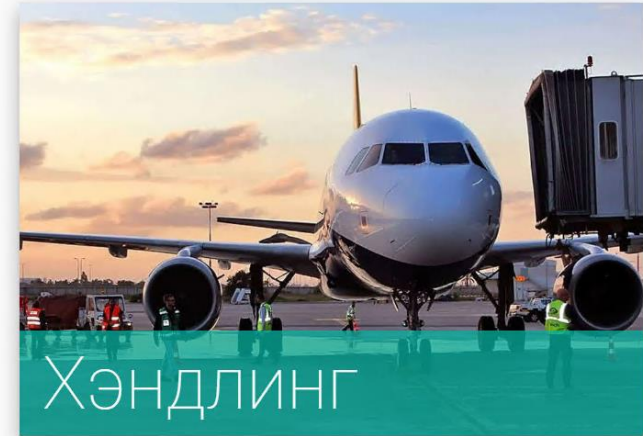
Возьмут ли лыжи?

Важной частью системы является взаимодополняющие модули прогнозирования основных аэропортовых драйверов: пассажиропотока, багажного и коммерческого грузопотока.

Первый, учитывая как глобальные, так и все актуальные тренды, на основании ансамбля технологий машинного обучения прогнозирует пассажиропоток по основным верхнеуровневым категориям, определяя тем самым кривую спроса. В ансамбль входят как классические модели предсказания временных рядов, такие как ARIMA, ARCH, так и более комплексные решения. Результаты всех моделей агрегирует мета-модель, которая и формирует окончательный прогноз.

Второй модуль, принимая на вход большое количество категориальных признаков из расписания, а также вещественных из первой модели, с использованием технологии градиентного бустинга, на качественно превышающем обычные статистические методы уровне прогнозирует весь перечень полезной нагрузки каждого отдельного рейса, в том числе по направлениям пересадки.

# Интерфейс – Главная



На главной странице представлены заголовки шести бизнес-единиц, по которым разбиты интерактивные отчеты. Модель ролевого доступа открывает доступ к одной или нескольким областям отчетов в зависимости от прав пользователя

# Интерфейс – Запуск Моделирования



ШЕРЕМЕТЬЕВО  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОПОРТ

ДОПУЩЕНИЯ ▾ DPM

← Аэропорт Шереметьево

Общее

- Генератор расписания
- Прогноз пассажиропотока и количества самолето-вылетов для авиакомпаний по типам воздушных судов
- Расчёт нагрузки на зоны терминалов
- Распределение рейсов по местам облива
- Распределение рейсов по местам стоянок
- Расчет нагрузки на комплекс ВПП
- Расчет оптимального сценария работы комплекса ВПП
- Расчет пунктуальности рейсов
- Расчет нагрузки на СОБ
- Расчет потерь в СОБ

Шереметьево Безопасность: Расчет потребности в ресурсах. Перрон

Выберите параметры 1 ————— 2 Начните расчет

Смещение от UTC: +3 ч. | Дата начала: 12.04.2022 | Дата окончания: 19.04.2022

Сезонные расписания Synchron

Загрузить файл расписания

Загрузить файл конфигурации

Версия сезонного расписания | Дата начала | Дата окончания

Используется в расчете

Версия сезонного расписания: S22 | Дата начала: 12.04.2022 | Дата окончания: 19.04.2022

НАЧАТЬ РАСЧЕТ

На шаге ввода параметров отчета пользователю открываются широкие возможности по моделированию различных сценариев. Помимо выбора периода имеется возможность рассчитать данные не только по текущему расписанию, но и загрузить собственный вариант расписания и/или собственный план загрузки персонала и технических ресурсов при обработке задач. Фактически, сотрудники могут моделировать различные ситуации и бизнес-процессы в режиме «что-если».

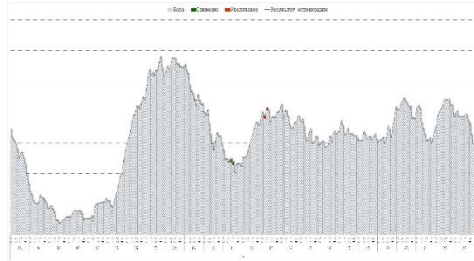


# Результаты моделирования



## Максимальная длина очереди

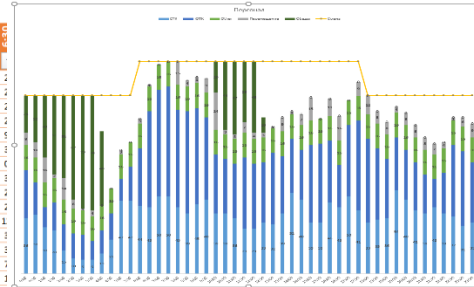
Date	Dept	Terminal
22.08.2022	СР	В
23.08.2022	ДДП	С
24.08.2022	ДПК	Д
25.08.2022	ОДДА	Е
26.08.2022	Перрон	Ф
27.08.2022	СДТтиБЗ	1
28.08.2022		3
		4



## Нагрузка на все участки инфраструктуры:

- Взлётно - посадочные полосы
- Места стоянок воздушных судов
- Пассажирские терминалы
- Система обработки багажа
- Грузовой терминал

Date	Dept	Terminal	Place_ID	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	4:30	5:00	5:30	6:00
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 1 / ПДБ / СЛ_1_ОПЕР (15)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 1 / ПДБ / СЛ_1_ОПЕР (7)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 1 / ПДБ / СЛ_1_ПД_ТР_НБ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 1 / ПДБ(ТМГ) / СЛ_1_ТМГ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 1 / ПДБ / СЛ_1_ПД_ВХ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	9
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 2 / ПД_Экин / СЛ_2_ПД_МВЛ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 2 / ПД_товаров / СЛ_2_ПД_ТОВ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 3 / ПДБ / СЛ_3_ОПЕР_ЗДП	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 3 / ПДБ / СЛ_3_ПД_НБ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 3 / ПДБ(КРД) / СЛ_3_ПД_КРД_2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 3 / ПДП / СЛ_3_ЗДП	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	9	9	1
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 3 / ПДП / СЛ_3_ЗДП_ТР	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 3 / ПДБ / СЛ_3_ПД_ВХ_ПК	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 3 / Ридер / СЛ_3_ЗДП (Ридеры)	1	1	1	1	1	1	1	2	3	5	6	7	
25.08.2022	ДДП	С	Т-С / Этаж 3 / Ридер / СЛ_3_ЗДП_ТР (Ридеры)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	

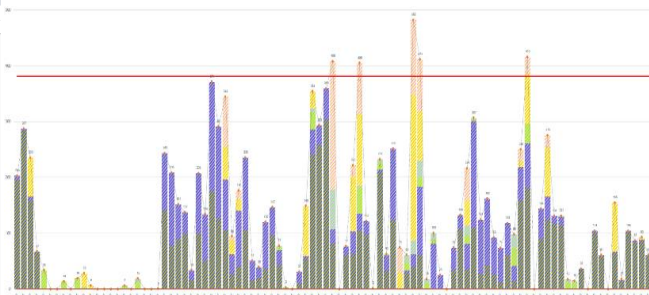
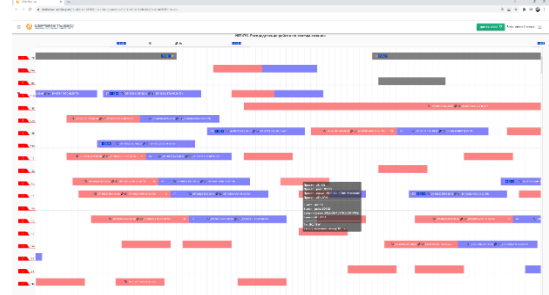


## Потребность оборудования и персонала:

- Доставка пассажиров
- Доставка багажа
- Доставка груза
- Погрузочно-разгрузочные работы
- Обработка багажа
- Обработка почты и грузов
- Обслуживание воздушных судов
- Обеспечение безопасности в терминалах
- Обеспечение безопасности на перроне

## Принятие решений:

- Координация расписания
- Сценарные анализы
- Подбор оптимальных смен
- Планирование закупки техники
- Коммерческая эффективность привлечения авиакомпаний
- Развитие и модернизация инфраструктуры



fl	flight	f	fl	flight no	fl	fl	fl	AC	hcc	AC	AC	flight slot code	flight slot code new	flight datetime	offset	left	right	stop
D	passenger	J	EY	0000000064	I	AUH	C	wide	789	290		EY-DT-AUH-1-12:50-wide	EY-DT-AUH-1-13:05-wide		15L	-15	+15	5
D	passenger	J	EY	0000000064	I	AUH	C	wide	789	290		EY-DT-AUH-5-12:50-wide	EY-DT-AUH-5-12:55-wide		5L	-15	+15	5
D	passenger	J	EY	0000000064	I	AUH	C	wide	789	290		EY-DT-AUH-6-12:50-wide	EY-DT-AUH-6-12:40-wide			-15	+15	5
D	passenger	J	EY	0000000064	I	AUH	C	wide	789	290		EY-DT-AUH-7-12:50-wide	EY-DT-AUH-7-12:45-wide			-15	+15	5
A	passenger	J	EY	0000000063	I	AUH	C	wide	789	290		EY-A1-AUH-1-11:25-wide	EY-A1-AUH-1-11:25-wide			-15	+15	5
A	passenger	J	EY	0000000063	I	AUH	C	wide	789	290		EY-A1-AUH-2-11:25-wide	EY-A1-AUH-2-11:25-wide			-15	+15	5
A	passenger	J	EY	0000000063	I	AUH	C	wide	789	290		EY-A1-AUH-4-11:25-wide	EY-A1-AUH-4-11:25-wide			-15	+15	5
A	passenger	J	EY	0000000063	I	AUH	C	wide	789	290		EY-A1-AUH-5-11:25-wide	EY-A1-AUH-5-11:25-wide			-15	+15	5
A	passenger	J	EY	0000000063	I	AUH	C	wide	789	290		EY-A1-AUH-6-11:25-wide	EY-A1-AUH-6-11:25-wide			-15	+15	5
A	passenger	J	EY	0000000063	I	AUH	C	wide	789	290		EY-A1-AUH-7-11:25-wide	EY-A1-AUH-7-11:25-wide			-15	+15	5
D	passenger	J	EY	0000000064	I	AUH	C	wide	789	290		EY-DT-AUH-2-12:50-wide	EY-DT-AUH-2-12:50-wide			-15	+15	5
D	passenger	J	EY	0000000064	I	AUH	C	wide	789	290		EY-DT-AUH-4-12:50-wide	EY-DT-AUH-4-12:50-wide			-15	+15	5

# Текущее развитие



На данный момент мы видим 4 основных направления развития системы:

**Максимально прозрачная отчётность и подробный факторный анализ для топ менеджмента:**

- В связи с низкоуровневым моделированием процессов появляется возможность собирать максимально корректный план/факт анализ и факторный анализ.
- Большие возможности для стратегического планирования.

**Поиск оптимальных решений:**

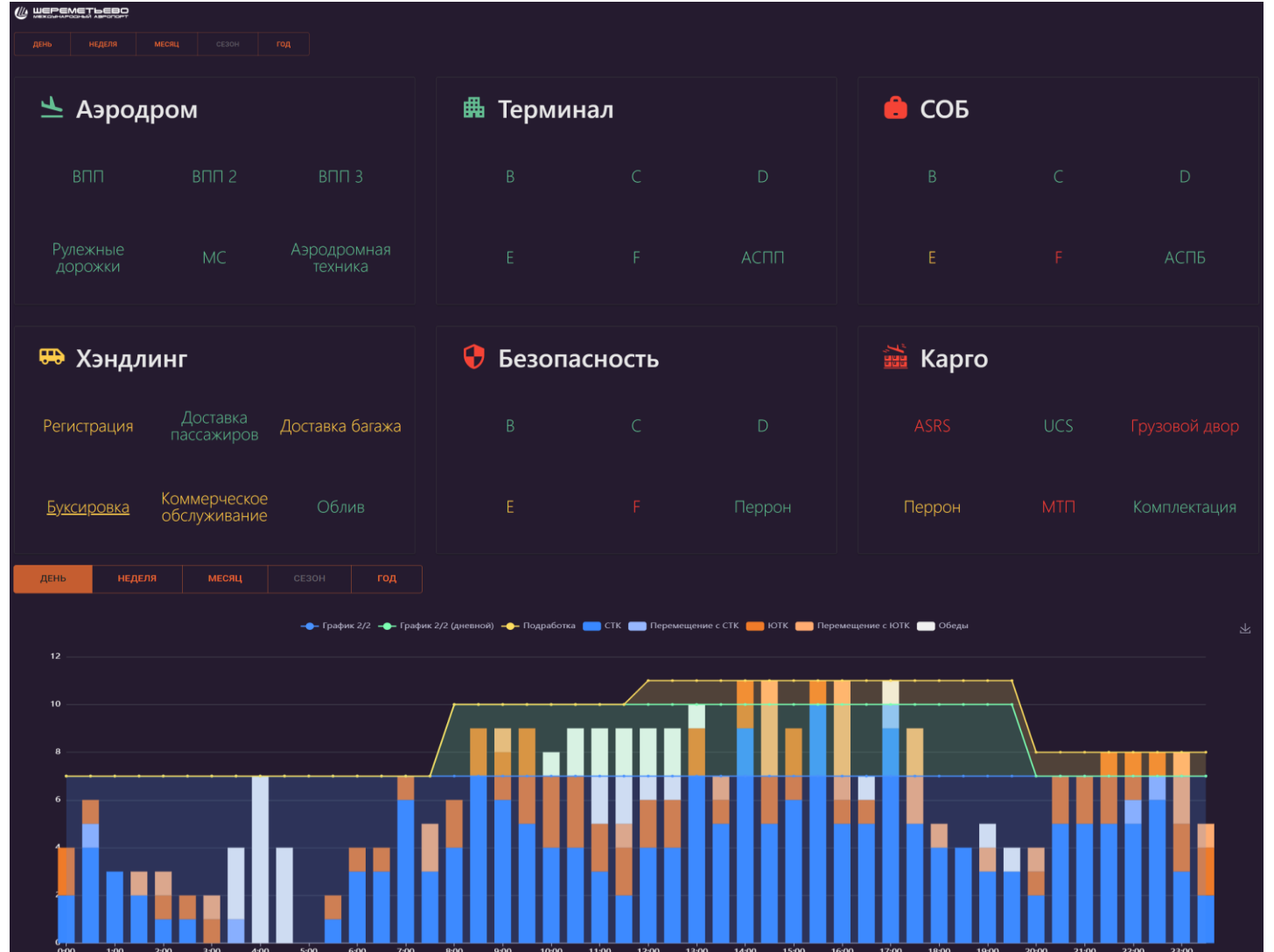
- Возможность автоматического подбора оптимальных решений.
- Мощный инструмент проверки гипотез.

**Автоматическая диспетчеризация:**

- Выполнение системой функций управления ресурсами (помощь диспетчерам).

**Автоматизация функций административного персонала:**

- Автоматизация бюджетирования.
- Автоматизация HR функций (планы наборов, планы обучений).
- Автоматизация планов ремонтов оборудования, планов закупки запчастей



# Выводы



3 ГОДА ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЙ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ  
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ, ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ

ЭФФЕКТ БОЛЕЕ 1 МЛРД РУБЛЕЙ В ГОД

СОКРАЩЕНИЕ СРОКОВ И ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ И ПАССАЖИРОВ

ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СЕРВИСА АВИАКОМПАНИЯМ-ПАРНЁРАМ

В ТОМ ЧИСЛЕ, ПОЗВОЛЯЕТ:

- ОПРЕДЕЛЯТЬ ПОТРЕБНОСТЬ В ТЕХНИКЕ И ПЕРСОНАЛЕ НА ПЕРРОНЕ И В ТЕРМИНАЛАХ
- ИЗБЕГАТЬ СБОЕВ В РАБОТЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОПРЕДЕЛЯЯ ОПТИМАЛЬНЫЕ МАРШРУТЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БАГАЖА И ГРУЗОВ
- ПОВЫШАТЬ УРОВЕНЬ КОМФОРТА ПАССАЖИРОВ И СНИЖАТЬ ВРЕМЯ ПРОХОЖДЕНИЯ ПРОЦЕДУР, ПЕРЕНАПРАВЛЯЯ ПОТОКИ ИЗ НАИБОЛЕЕ ЗАГРУЖЕННЫХ УЧАСТКОВ
- РАССТАВЛЯТЬ ВОЗДУШНЫЕ СУДА ПО МЕСТАМ СТОЯНОК С ЦЕЛЬЮ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕЛЕТРАПОВ И ОПЕРАТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ



 + 7 (915) 333-37-40

 Московская обл., г. Химки, а/п Шереметьево

 [sa.konyakhin@svo.aero](mailto:sa.konyakhin@svo.aero)

 [svo.aero](http://svo.aero)