

УДК 656.7.072/.073

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АЭРОПОРТА

Потапов И.В., Романенко В.А., Морозова Е.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Эффективным направлением решения проблемы повышение качества аэропортовых услуг является оптимизация технологических параметров производственных комплексов аэропортов с использованием имитационного компьютерного моделирования, которое в ряде случаев является единственным методом изучения процессов, протекающих в аэропорту.

Имитационное моделирование заключается в разработке компьютерной модели и проведении на ее базе многократных вычислительных экспериментов с сохранением логической структуры процесса функционирования исследуемой системы и последовательности его протекания с учетом воздействия случайных факторов.

Основная производственная деятельность аэропорта заключается в осуществлении технологических процессов обслуживания рейсов воздушных судов (ВС), включающих заданный набор операций, состав, длительность и трудоемкость которых зависит от параметров рейса. Поэтому в качестве единичного прогона модели принимается процесс обслуживания одного рейса. Имитационная модель технологического процесса наземного обслуживания рейса содержит алгоритм его осуществления, представляющий собой описание последовательности и взаимосвязей входящих в него операций, а также вероятностные модели этих операций, включающие статистические распределения параметров операций (продолжительность, численность привлекаемого персонала, количество используемых технических средств и т.п.).

Имитационное моделирование предполагает использование статистических данных, описывающих эти процессы, причем с увеличением их объема точность и адекватность модели возрастает. Применяемые в аэропортах автоматизированные информационные системы управления производственной деятельностью накапливают в своих базах данные о проведенных технологических операциях, что позволяет их использовать для получения вероятностных параметров моделей. В данной модели использованы данные информационной системы одного из аэропортов Приволжского федерального округа за последние три года, включающие информацию о более чем трестах тысячах произведенных технологических операций. Предварительный анализ выявил наличие некоторой доли некорректных данных, которые были из рассмотрения исключены.

Статистическая модель реализована в современной программной среде AnyLogic 6.4.1 Professional, позволяющей наряду с имитацией технологического процесса осуществлять его визуализацию во времени. На рисунке 1 в качестве примера показана диаграмма фрагмента этой модели, описывающая процесс обслуживания прибывающего рейса ВС. Объект Network задаёт транспортную сеть модели и ее свойства, ресурсы (спецтранспорт и места стоянок) и их свойства (тип – движущийся или статический, количество, базовое местоположение и т.д). Объекты Source моделируют поступление ВС в аэропорт по расписанию, создавая поток требований (рейсов ВС); объекты NetworkEnter помещают требование в сеть; объект NetworkSeize «захватывает» заданное количество ресурсов (технических средств или обслуживающего персонала) для требования; объекты NetworkMoveTo направляет движущиеся ресурсы либо к захваченному ресурсу, либо к определенно заданному узлу; объекты Delay моделируют задержку, связанную с обслуживанием ВС на перроне, задерживая требование на заданное время; объекты NetworkSendTo отсылают захваченные ресурсы к требованию; объекты [NetworkRelease](#) моделируют освобождение мест стоянок ВС и других ресурсов; объект SelectOutput направляет входящие требования в один из двух выходных портов; объект NetworkExit удаляет требование из сети; объект Sink уничтожает поступившие требования.

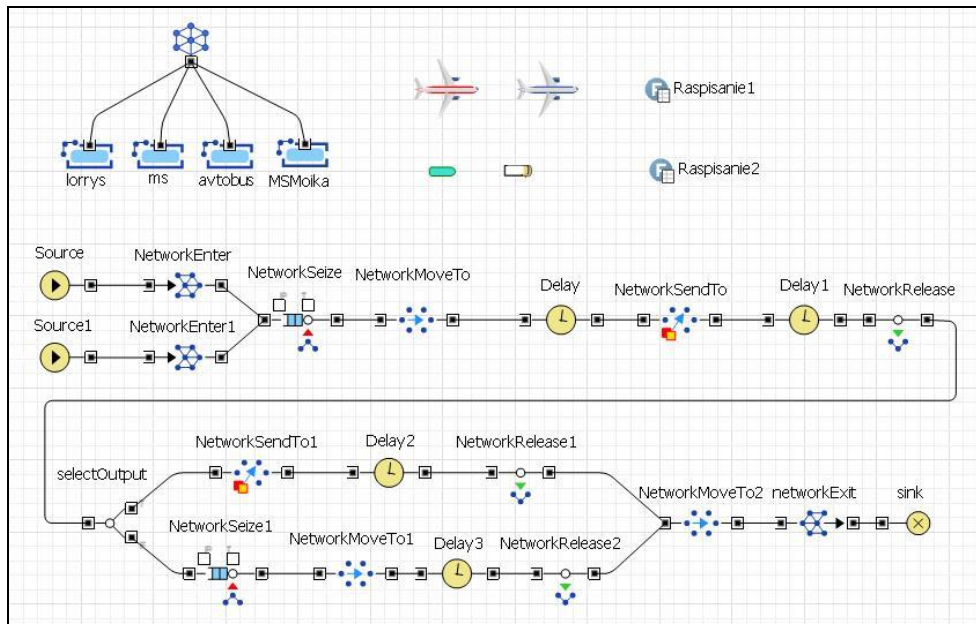


Рисунок 1. Диаграмма фрагмента имитационной модели аэропорта

Данная имитационная модель использовалась при решении задач, связанных с анализом и оптимизацией параметров системы обслуживания перевозок аэропортов. В качестве иллюстрации в таблице приведены некоторые результаты определения минимальной численности технических средств и персонала аэропорта, обеспечивающих выполнение ограничения по качеству обслуживания ВС и пассажиров: длительность ожидания обслуживания с надежностью 0.95 не должна превысить заданную величину $t_{ож}$. Моделирование проводилось для пиковых уровней интенсивности потока ВС, как наблюдавшихся в аэропорту в течение последних лет, так и прогнозных. Входящие потоки рейсов ВС и пассажиров в рассмотренном примере принимались стационарными пуассоновскими. Результаты решения задачи для двух заданных значений $t_{ож}$ сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Минимальная численность обслуживающих средств и персонала

Интенсивность потока, ВС/ч	3		4		5		6		7	
	(факт)		(прогноз)		(прогноз)		(прогноз)		(прогноз)	
$t_{ож}$, мин	11 0	2	10	2	10	2	10	2	10	2
Транспортеры багажа	8	8	8	9	9	10	10	11	11	11
Трапы	14	14	16	17	18	19	20	21	22	23
Авиатопливозаправщики	6	7	7	8	8	8	8	9	9	10
Багажные карусели	5	6	6	6	6	7	7	8	8	8
Стойки регистрации	12	13	15	15	16	17	18	19	20	21
Бригады технического обслуживания	8	9	10	10	11	11	11	12	13	13
Бригады уборщиков	6	7	7	8	8	8	8	9	9	10

Таким образом, имитационная модель технологических процессов обслуживания перевозок является эффективным инструментом комплексной оптимизации, анализа и прогнозирования параметров производственных комплексов аэропорта как сложной стохастической системы.