

УДК 656.71: 519.876.5

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ СРЕДСТВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК МЕЖДУНАРОДНОГО УЗЛОВОГО АЭРОПОРТА

Васильева И. А., Романенко В. А.

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

Рассматривается международный узловой аэропорт (хаб), под которым понимается крупный аэропорт, используемый авиаперевозчиками в качестве пункта пересадки (трансфера) пассажиров международных рейсов. Расписание аэропорта формируется таким образом, чтобы обеспечить приемлемое для трансферных пассажиров время пересадки, что приводит к выраженной неравномерности поступающих в хаб потоков воздушных судов (ВС), пассажиров и багажа. Данная черта узловых аэропортов, характеризующихся высокими пиковыми уровнями входящих потоков, в наибольшей степени присущая международным хамам, обуславливает актуальность для них задачи минимизации потребного числа средств обслуживания перевозок, непосредственно связанной с проблемой сокращения расходов на деятельность аэропорта.

Необходимо определить оптимальное число средств наземного обслуживания ВС одного из важнейших типов – мест стоянки (МС) ВС, обеспечивающее требуемый уровень обслуживания. В качестве критерия выбран минимум затрат на обустройство МС ВС в аэропорту:

$$C = \sum_{i=1}^n z_i \cdot N_i,$$

где  $n$  – число типов МС ВС;  $i$  – тип МС ВС;  $z_i$  – затраты на обустройство одного МС ВС  $i$ -го типа;  $N_i$  – число МС ВС  $i$ -го типа.

При решении задачи приняты следующие ограничения.

1. На время ожидания обслуживания ВС  $j$ -й группы на МС. Предполагается, что фактическое время ожидания постановки прибывшего ВС на МС  $t_j^{ожФ}$  не должно превышать заданное время ожидания ( $t_j^{ожЗ}$ ):

$$P(t_j^{ожФ} \leq t_j^{ожЗ}) \geq P^3, \quad j = 1 \dots J,$$

где  $J$  – число групп, на которые разбиты типы ВС, обслуживаемые в хабе;  $P(t_j^{ожФ} \leq t_j^{ожЗ})$  и  $P^3$  – соответственно фактическая и заданная вероятности превышения фактического времени ожидания заданным временем ожидания.

2. Формальное ограничение на неотрицательность численности МС ВС:

$$N_i^{МС} \geq 0, \quad i = 1 \dots n.$$

Для определения  $P(t_j^{ожФ} \leq t_j^{ожЗ})$  необходимо наличие модели, связывающей указанную величину с параметрами потока прибывающих ВС и процесса их обслуживания на МС ВС. В случае, если поток ВС простейший, а время обслуживания распределено показательно, то для решения рассматриваемой задачи может быть использована аналитическая модель теории массового обслуживания.

Анализ процессов поступления и обслуживания ВС, произведённый на основе данных одного из крупнейших европейских хабов – Международного аэропорта г. Мюнхен (Германия), позволил разделить по признаку пассажироместности все ВС

на две группы – 1 (пассажировместимостью более 180 мест) и 2, а все МС ВС – на два типа по признаку принимаемых ВС – 1 (большую) и 2.

Для определения интенсивностей прибытия и отправления ВС  $\lambda(t)$  с использованием официального сайта аэропорта был осуществлен сбор статистических данных для зимнего (5-18 марта 2014 г.) и летнего (3-17 июля 2014 г.) периодов. Данные сайта за недельный интервал позволили также построить распределения времени обслуживания ВС 1 и 2 групп  $t_1^{обсл}$ ,  $t_2^{обсл}$  соответственно. Результаты приведены на рисунке 1, где представлены графики интенсивности потоков прилетающих и вылетающих ВС для зимнего периода (рис. 1а) и распределения продолжительности обслуживания ВС различных категорий (рис. 1б).

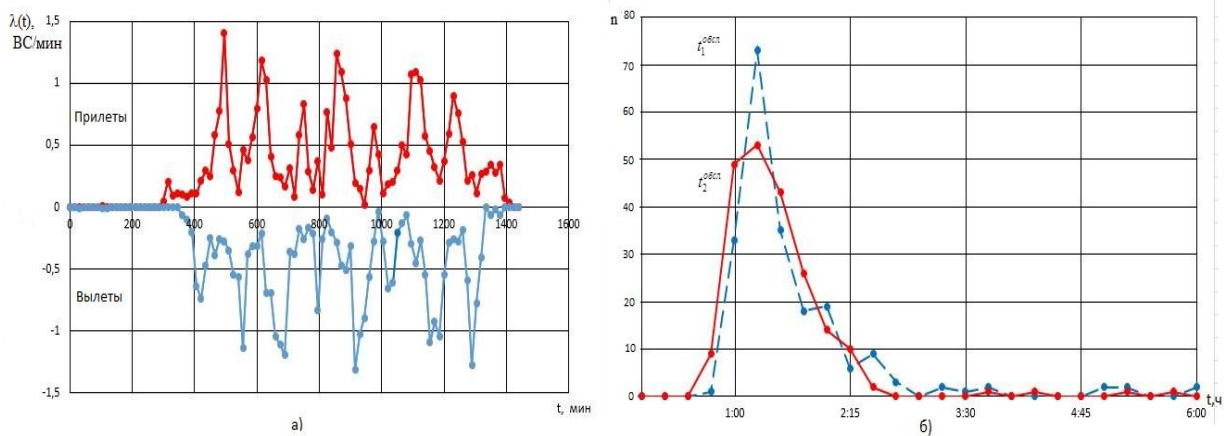


Рис. 1

Как следует из рисунка, расписание международного хаба характеризуется выраженной нестационарностью потоков прилётов-вылетов ВС и произвольностью распределения времени обслуживания, что делает имитационное моделирование единственно возможным методом определения  $P(t_j^{ожсФ} \leq t_j^{ожсЗ})$ . Инструментом решения сформулированной задачи явилось программное обеспечение, реализованное на базе системы имитационного моделирования AnyLogic 6.4.1 Professional.

При решении задачи оптимизации предполагается, что ВС 1 группы могут обслуживаться только на МС 1 типа, а ВС 2 группы – на МС обоих типов. При этом вероятность направления ВС 2 группы на МС 1 типа составляет  $P$ . Таким образом, задача оптимизации сводится к поиску таких значений  $P$ ,  $N_1^{МС}$  и  $N_2^{МС}$ , которые минимизировали бы величину  $C$  при заданных значениях стоимости обустройства МС  $z_i$ , заданных интенсивностях потоков  $\lambda_1^{прил}(t)$ ,  $\lambda_2^{прил}(t)$  и распределениях времени обслуживания  $t_1^{обсл}$ ,  $t_2^{обсл}$ , приведённых на рисунке 1.

Решение оптимизационной задачи свидетельствует о необходимости сокращения в аэропорту г.Мюнхена МС ВС 1 категории на 19 единиц и МС ВС 2 категории на 25 единиц, что позволит уменьшить затраты на эксплуатацию и содержание МС ВС на 32%. Рекомендуется направлять около 30% прибывающих ВС 2 группы на МС 1 категории. Таким образом, использование разработанной методики решения задачи оптимизации численности средств обслуживания перевозок позволяет не только сократить затраты на эксплуатацию аэропортовых средств обслуживания, но и сформировать рекомендации в адрес служб УВД международного узлового аэропорта.