



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ АЭРОВОКЗАЛА МЕЖДУНАРОДНОГО АЭРОПОРТА



**ВАСИЛИЙ
ШВЕДОВ**
СПБГУ
гражданской
авиации,
доцент,
к.т.н.



**АЛЕКСАНДР
МОЧАЛОВ**
СПБГУ
гражданской
авиации,
доцент,
к.т.н.



**АЛЕКСЕЙ
НОВИКОВ**
СПБГУ
гражданской
авиации,
аспирант

Аэровокзалы аэропортов предназначены для обслуживания улетающих и прилетающих пассажиров. Их основной технической характеристикой является пропускная способность аэровокзала и в целом аэропорта при обеспечении обслуживания пассажиров и багажа.

Потоки пассажиров, прибывающие в аэропорт для перевозки по разным направлениям воздушным транспортом, можно представить в следующем виде:

$$Q_n = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{l_i} n_{ij}, \text{ где} \quad (1)$$

n_{ij} — количество пассажиров j -го направления перевозки i -го пассажиропотока;

k — пассажиропотоки, формирующие общий пассажиропоток аэропорта;

l_j — общее количество отдельных направлений перевозки i — го пассажиропотока. При этом делаем допущение: все пассажиры, прибывающие в аэропорт, имеют на руках авиабилеты.

Аэровокзал международного аэропорта — это логистическая система массового обслуживания улетающих и прилетающих пассажиров и их багажа. Рост пассажирских перевозок требует увеличения пропускной способности аэровокзала.

Пропускная способность элемента системы, в данном случае аэровокзала, при существующем техническом оснащении и применении прогрессивной технологии работы, можно представить в формализованном виде. Если это детерминированная система, которая учитывает одинаковое время обслуживания пассажира в каждом элементе системы, то пропускную способность (q_c) можно представить в следующем виде:

$$q_c = \frac{T_p}{t}, \text{ где} \quad (2)$$

T_p — расчётный период времени, который используется для обслуживания пассажиров, ч;

t — продолжительность обслуживания одного пассажира при равномерном и непрерывном обслуживания системой в течение расчётного периода.

Известно, что обслуживающая пассажиров система состоит из ряда последовательно установленных в технологическом процессе подсистем. Логистическая цепь движения улетающих пассажиров и багажа в аэровокзале представлена на рис.1.

В каждой из этих подсистем пассажир затрачивает разное время на обслуживание. В связи с этим математическая модель пропускной способности (2) приобретает следующий вид:

АННОТАЦИЯ

В статье приведена методика расчета пропускной способности аэровокзала международного аэропорта. Составлена логистическая цепь движения улетающих пассажиров и багажа внутри аэровокзала. Приведены формулы расчёта времени обслуживания улетающих пассажиров. Установлено, что аэровокзал является многоканальной системой массового обслуживания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Аэровокзал, пассажир, багаж, система, пропускная способность.

ANNOTATION

In this article there is a method how to calculate capacity of an international airport. A logistic chain of motion in terminals for departing passengers and luggage is built. There are formulas how to calculate time of serving departing passengers in it. It is found, that a terminal is a multi-channel queuing system.

KEYWORDS

Air terminal, a passenger, luggage, system, capacity power.

$$q_c = \frac{T_p}{\sum_{i=1}^k t_i}, \text{ где} \quad (3)$$

$\sum_{i=1}^k t_i$ — суммарное время обслуживания.

Суммарное время обслуживания пассажиров можно представить в развёрнутом виде:

$$\sum_{i=1}^k t_i = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} + t_{13}, \text{ где} \quad (4)$$

t_1 — время на проверку пассажира на входе в аэровокзал;

t_2 — время на проверку багажа пассажира при перемещении в аэровокзал;

t_3 — время на досмотр багажа пассажира на входе в операционный зал;

t_4 — время на приём и сверку на стойке регистрации пассажира и багажа;

t_5 — время на набор на клавиатуре компьютера данных о билете пассажиров;

t_6 — время на отрыв контрольного талона для ручной клади и багажа;

t_7 — время на установку багажа на ленту транспортёра;

t_8 — время на закрепление талона на ручке багажа;

t_9 — время на ожидание паспортного контроля;

t_{10} — на прохождение паспортного контроля;

t_{11} — время, затрачиваемое на повторный досмотр пассажира и ручной клади;

t_{12} — время ожидания разрешения на посадку;



t_{13} — время, затрачиваемое на получение посадочного талона;

t_{14} — время, затрачиваемое пассажиром на проход по телескопическому трапу или посадку в автобус, отправленный к самолёту.

Таким образом, длительность времени обслуживания одного пассажира в аэровокзале составляет суммарную величину, которая может быть представлена как математическое ожидание времени обслуживания.

$$M[T] = \sum_{i=1}^k t_i \quad (5)$$

Учитывая тот факт, что пассажиру надо проходить много мест обслуживания, можно утверждать, что аэровокзал является многоканальной системой массового обслуживания (СМО). В этой системе пассажира следует рассматривать как заявку на обслуживание, а накопителями заявок будут залы ожидания, где должна соблюдаться дисциплина



Рисунок 1
Логистическая цепь движения улетающих пассажиров и багажа в аэровокзале Международного аэропорта: 2. Таможенный контроль; 5. Ленточный транспортёр.

обслуживания, т. е. порядок обслуживания поступивших заявок.

Следует также отметить, что элементами рассматриваемой системы являются входной и выходной потоки пассажиров, время обслуживания которых является случайной величиной. Её полной характеристикой будет плотность распределения $f(x)$, которая может быть описана показательным законом:

$$f(x) = \beta e^{-\beta x}, x \geq 0, \text{ где} \quad (6)$$

$\beta > 0$ — параметр закона распределения.

Время обслуживания пассажира зависит от интенсивности обслуживания в каждом элементе системы, которое можно представить как:

$$\mu = \frac{1}{M_T} = \beta, \text{ где} \quad (7)$$

M_T — математическое ожидание времени обслуживания заявок одним аппаратом.

Параметр β в выражении для плотности распределения равен интенсивности обслуживания.

Можно утверждать, что на пропускную способность аэровокзала, как вероятностную систему, оказывает влияние интенсивность обслуживания каждого элемента системы (канала обслуживания), т. е. рабочего места оператора. Тогда общую интенсивность обслуживания можно записать:

$$\mu = \frac{1}{M [T_{\text{обсл}}]}, \text{ где} \quad (8)$$

$M [T_{\text{обсл}}]$ — математическое ожидание (среднее время) обслуживания пассажира в аэровокзале (4).

С учётом (4) и (8) формулу пропускной способности можно записать так:

$$q_c = T_p \mu \quad (9)$$

Таким образом, из формулы (9) видно, что пропускная способность аэровокзала зависит от интенсивности обслуживания пассажиров. Для повышения пропускной способности аэровокзалов современных аэропортов целесообразно повысить интенсивность обслуживания пассажиров как улетающих, так и прилетающих. Наиболее проблемными участками, где наблюдаются наибольшие очереди, являются следующие:

- входной контроль потока пассажиров и багажа;
- стойки регистрации пассажиров и багажа;

- залы ожидания улетающих пассажиров;
- места предполётного досмотра пассажиров и ручной клади;
- стойки выдачи посадочных талонов.

Одним из основных элементов взаимодействия пассажиров с работниками аэровокзала являются стойки регистрации, на которых осуществляется проверка билетов и паспортных данных, багажа и ручной клади. Количество стоек обслуживания пассажиров можно рассчитать по формуле:

$$n_c = \sum_{i=1}^k \sum_{r=1}^{n_i} n_{ir}, \text{ где} \quad (10)$$

k — число групп стоек различных направлений отправки пассажиров;

n_i — число стоек i -го направления отправки пассажиров;

n_{ir} — r -я стойка обслуживания пассажиров i -го направления пассажиропотока.

Производительность одной стойки определяется по формуле:



$$P_{pc} = \frac{3600 K_{np}}{M [T_{обсл}]}, \text{ где} \quad (11)$$

$M [T_{обсл}]$ — среднее время длительности обслуживания одного пассажира, с;

K_{np} — коэффициент загрузки стойки при обслуживании пассажиропотока.

Условие конечности очереди СМО известно из [1] и имеет вид неравенства:

$$\lambda < n \mu, \text{ где} \quad (12)$$

λ — интенсивность входного потока заявок (пассажиров);

n — число обслуживающих аппаратов (стоек регистрации);

μ — интенсивность обслуживания.

Конечностью очереди будет, после прохождения всех процедур, посадка пассажиров в самолёт. Для рассматриваемого процесса (входного потока пассажиров) с учётом (10) и (11) интенсивность входного потока пассажиров можно представить так:

$$\lambda < \left(\sum_{i=1}^k \sum_{r=1}^{n_i} n_{ir} \right) \left(\frac{3600 K_{np}}{M [T_{обсл}]} \right) \quad (13)$$

С другой стороны, пропускная способность аэровокзала зависит от движения воздушных судов, вместимости воздушного судна, свободен или занят пассажирский перрон, метеосостояние и других факторов.



Интенсивность заполнения пассажиропотоком воздушных судов можно представить в виде математической модели:

$$M[Q]_{отпр} = \sum_{i=1}^m \lambda_i M[Q_i] f_m, \text{ где} \quad (14)$$

λ_i — интенсивность движения пассажиров в воздушные суда;

m — число воздушных судов;

f_m — частота подхода воздушных судов к пассажирским перронам;

$M[Q_i]$ — математическое ожидание количества пассажиров, заполняющих i — воздушное судно.

Подставляя (1) и (13) в уравнение (14), получим выражение интенсивности движения пассажиропотока через аэровокзал аэропорта:

$$M[Q]_{отпр} = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{i=1}^k \sum_{r=1}^{n_i} n_{ir} \right) \left(\frac{3600 K_{np}}{M [T_{обсл}]} \right) M \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{l_i} n_{ij} \right] f_m \quad (15)$$

ВЫВОД

Повышение пропускной способности аэровокзала международного аэропорта зависит от ряда факторов: технического совершенствования и дальнейшего повышения интенсивности обслуживания пассажиров, наличия достаточного количества мест регистрации пассажиров на рейсы, вместимости и наполняемости пассажирами воздушных судов, частоты движения воздушных судов.

Библиографический список:

1. Палагин Ю. И. Моделирование случайных величин. / Академия ГА — М.: С.-Петербург, 1994.
2. Палагин Ю. И. Исследование операций на транспорте. Анализ процессов в системах массового обслуживания транспортных потоков. Тексты лекций. — СПб.: ГУГА, С.-Петербург, 2006.
3. Правдин Н. В., Негрей В. Я., Подкопаев В. А. Взаимодействие различных видов транспорта (примеры и расчёты). / под ред. Н. В. Правдина. — М.: Транспорт, 1989.
4. Русинов И. Я. Организация воздушных перевозок. — М.: транспорт, 1976.
5. Шведов В. Е., Шведов В. В. Механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных и складских работ на транспорте: Учебное пособие. — СПб.: ГУГА, С.-Петербург, 2006.