

Всі основні результати статті належать Овчинникову І.О., постановка задачі і аналіз економічної коректності досліджень належать Горбачовій О.М., математико-економетричну коректність відслідковував Лещинський О.Л.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Овчинников І.О. Необхідність і основні етапи процесу ризик-менеджменту в авіакомпаніях [Текст] / І.О. Овчинников // Проблеми системного підходу в економіці. Збірник наукових праць. – 2006. - № 16. – с. 114 – 122.
2. Овчинников І.О. Сучасні тенденції управління ризиками на прикладі карти ризиків [Текст] / І.О. Овчинников // Проблеми системного підходу в економіці. Збірник наукових праць. – 2006. - № 18. – с. 126 – 135.
3. Лещинський, О.Л. Економетрія: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / О.Л. Лещинський, В.В. Рязанцева, О.О. Юнькова. – К.: МАУП, 2003. – 208 с.
4. Лещинський, О.Л. Економічний ризик та методи його вимірювання [Текст]: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О.Л. Лещинський, О.В. Школьнік. – К.: Дельта, 2005. – 112 с.
5. Горбачова, О.М. Інтегрована оцінка якості транспортних послуг [Текст] / О.М. Горбачова, В.В. Жебка, О.Л. Лещинський // Стратегія розвитку України. Науковий журнал. – 2006. - № 1. – с. 262 – 265.

УДК 662.75.621.791.3

С.Ф. Худасова, Е.И. Туз, О.П. Пристайко

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ СПЕЦТРАНСПОРТА В АЭРОПОРТАХ

*Застосування методів теорії масового обслуговування для визначення оптимальної кількості спецтранспортів, необхідного для безперервного обслуговування повітряних суден в аеропортах.*

*Применение методов теории массового обслуживания для определения оптимального количества спецтранспорта, необходимого для бесперебойного обслуживания воздушных судов в аэропортах.*

*Using of queuing theory methods to determine optimal quantity of special transport need for continuous service of aircrafts at airports.*

*Ключові слова: спецтранспорт, повітряні судна, аеропорт, теорія масового обслуговування, оптимальність.*

**Постановка проблеми.** Спецтранспорт аеропортів виконує значительний обсяг робіт по забезпеченню безпеки і регулярності польотів, обслуговуванню пасажирських і вантажних перевезень, а також інших робіт, зв'язаних з необхідністю здійснення операцій по забезпеченню підготовки повітряних суден к вильоту в початкових аеропортах,

а также после его посадки [1, с. 90-95]. Особое место занимают вопросы повышения эффективности использования средств аэродромно-технического обеспечения полетов, сокращение материальных и трудовых затрат на обслуживание воздушных судов.

В соответствии с жесткими требованиями к выполнению вылетов по расписанию, неравномерностью прилетов воздушных судов, связанной со спецификой расписания и многими случайными факторами. Например, задержка по метеоусловиям, нарушение графика оборота, пребывание воздушных судов в зоне ожидания и т.д. Возникает задача рассмотреть процесс обслуживания воздушных судов с точки зрения теории массового обслуживания.

**Анализ исследований и публикаций.** Теория вероятностей – математическая наука, изучающая закономерности случайных явлений. В основе этой науки лежит понятие вероятности события, т.е. событие, которое может произойти, а может и не произойти, называется случайным. Сказать о событии, что оно случайно, значит дать лишь описательную его характеристику.

Для практики важно указать, как часто может наступить это событие в большом числе экспериментов. Объективной оценкой возможности реализации случайного события является его вероятность [3-5].

В соответствии с классическим определением вероятность  $P(A)$  событие  $A$  равняется отношению числа возможных исходов испытаний, благоприятствующих этому событию, к общему числу всех возможных результатов испытаний, т.е.

$$P(A) = \frac{M}{N}, \quad (1)$$

где:

$M$  – число исходов, благоприятствующих событию  $A$ ;

$N$  – общее число возможных результатов испытания.

Теория массового обслуживания – одна из областей прикладной математики, где используются методы теории вероятностей [2, с.346-362].

Очень часто приходится решать вопросы организации производственного процесса с учетом случайных факторов как в возникновении потребности в том или ином обслуживании, так и в продолжительности такого обслуживания. Во всех таких случаях большое значение имеет оценка степени удовлетворения потребности в обслуживании или качество обслуживания [6, с. 200-211].

В этом случае возникает задача: установить с возможной точностью взаимную зависимость между числом обслуживающих единиц и качеством обслуживания. При этом качество обслуживания в различных случаях измеряется различными показателями.

Теория массового обслуживания занимается изучением ситуации, когда имеется необходимость в обслуживании большого количества требований [3, с. 140-146].

Требование – это запрос на удовлетворение какой-либо потребности.

Обслуживание – это удовлетворение этой потребности.

Появление требований на обслуживание называется потоком требований. Может быть входящий поток требований, т.е. требования, нуждающиеся в обслуживании, и исходящий поток требований, когда требования покидают систему обслуживания.

Процесс поступления требований есть процесс случайный и может быть описан некоторой функцией  $X(t)$ , определяющей число требований, нуждающихся в обслуживании за промежуток времени  $(0; t)$ . Всегда поступает целое число требований [4, с. 95-100].

**Изложение основного материала.** Основными составляющими системы массового обслуживания является поток поступающих через случайные промежутки времени требований и приборы обслуживания.

Процесс обслуживания воздушных судов спецтранспортом представляет собой поток требований в промежутке времени  $t$ , который распределяется по закону Пуассона [2,7].

$$P_n = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!}; \quad (2)$$

где:  $n$  – количество поступающих в систему требований;  $\lambda$  – параметр потока равный среднему количеству требований поступающих в систему, функция распределения времени обслуживания будет предполагаться экспоненциальной

$$f(t) = 1 - e^{-\mu t}; \quad (3)$$

где  $t > 0$ ,  $\mu$  – параметр обслуживания. Величина  $\mu$  определяется на основании следующей формулы:

$$\mu = \frac{60}{\tau}, \quad (4)$$

где  $\tau$  – среднее время обслуживания одним прибором одной заявки.

В рамках нашей задачи под потоком требований будет пониматься поток воздушных судов в периоды типовой нагрузки, а обслуживающим прибором является спецтранспорт, например, топливозаправщик.

Ввиду случайного характера возникновения необходимости заправки воздушных судов и случайного времени заправки, возможны простои

воздушных судов в ожидании заправки и простои топливозаправщиков в случае отсутствия воздушных судов.

Наша задача – определение оптимального количества топливозаправщиков на основании информации о вероятности распределения числа обслуживаемых воздушных судов и свободных топливозаправщиков.

Для решения задачи необходимо использовать следующие формулы [2,8], выражающие вероятности нахождения в системе количество воздушных судов:

$$P_k = \begin{cases} \frac{A^k}{K!} P_0 & K = 0, 1, \dots \\ \frac{A^V}{V!} \left(\frac{A}{V}\right)^{K-V} P_0 & K > V \end{cases} \quad (5)$$

Здесь  $k$  – количество воздушных судов;  $V$  – количество топливозаправщиков;  $P_k$  – вероятность заправки.

Если  $k$  воздушных судов (при  $k \leq V$ ), то на основании (5)

$$P_k = \frac{A^k}{K!} P_0; \quad (7)$$

если заправки  $V$  воздушных судов и  $k-V$ , ожидающих своей заправки воздушных судов (при  $k > V$ ), то на основании (6)

$$P_k = \frac{A^V}{V!} \left(\frac{A}{V}\right)^{k-V} P_0 \quad (8)$$

Вероятность простоя всех топливозаправщиков –  $P_0$ .

$$P_0 = \left\{ \sum_{k=0}^{V-1} \frac{A^k}{K!} + \frac{A^V}{V!} \times \frac{V}{V-A} \right\}^{-1} \quad (9)$$

На основании этого среднее количество простаивающих топливозаправщиков определяется по формуле:

$$\rho_{ТЗ} = \sum_{K=0}^{V-1} (V-K) P_k = \sum_{K=0}^{V-1} (V-K) \frac{A^k}{K!} P_0 \quad (10)$$

Среднее количество простаивающих воздушных судов определен по формуле:

$$\rho_{вс} = \frac{A}{V-A} \times \frac{A^V}{V!} P_0 \quad (11)$$

Расчет среднего количества простаивающих в единицу времени воздушных судов  $\rho_{\text{вс}}$  и топливозаправщиков  $\rho_{\text{ТЗ}}$  производителя при минимальном количестве топливозаправщиков  $V_{\text{min}}$ .

Минимальное количество топливозаправщиков рассчитывают из условия  $V_{\text{min}} = \xi(A)^{+1}$ , где  $\xi$  – целевая часть числа  $A$ .

Выбор оптимального числа заправщиков определяется на основании потерь от простоя воздушных судов и простоя топливозаправщиков в единицу времени. Данная величина определяется по формуле:

$$Z = C_1 \rho_{\text{вс}} + C_2 \rho_{\text{ТЗ}} \quad (12)$$

где  $C_1$  – потери от простоя воздушных судов;

$C_2$  - потери от простоя топливозаправщиков;

Оптимальное число топливозаправщиков определяется на основании минимизации величины  $Z$ , для чего надо найти пути изменения  $V$  минимум выражения:

$$Z = \frac{\left\{ C_z \sum_{K=1}^{V-1} (V-K) \frac{A^k}{K!} + C_1 \frac{A}{V-A} \times \frac{A^k}{V!} \right\}}{\left\{ \sum_{K=0}^{V-1} \frac{A^k}{K!} + \frac{A^V}{V!} \times \frac{V}{V-A} \right\}} \quad (13)$$

**Выводы.** Расчет  $\rho_{\text{вс}}$ ,  $\rho_{\text{ТЗ}}$ ,  $Z(V)$  на основании формул (10,11,12,13) при  $V_{\text{min}} < V$  производится до выполнения условия

$$Z(V-1) \leq Z(V) \leq Z(V+1) \quad (14)$$

При  $V \in V_{\text{min}} \div V_{\text{max}}$ .

На основании (14) определяем оптимальное число  $V$  топливозаправщиков, требуемых для обслуживания данного количества воздушных судов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Запорожец В.В., Аэропорт: організація, технологія, безпека [Текст] / В.В. Запорожец, М.П. Шматко. – Київ.: „Дніпро”, 2002. – 167с.
2. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей [Текст] / Б.В. Гнеденко. – М.: Наука, 1969. – 400с.
3. Скороход А.В. Вероятность вокруг нас [Текст] / А.В. Скороход. – К.: „Наукова думка”, 1980. – 195с.
4. Розанов Ю.А. Лекции по теории вероятностей [Текст] / Ю.А. Розанов. – М.: Наука, 1968. – 120с.
5. Тутубалин В.Н. Теория вероятностей [Текст] / В.Н. Тутубалин. – Московський университет, 1972. – 230с.
6. Иванилов Ю.П. Математические модели в экономике [Текст] / Ю.П. Иванилов, А.В. Лотов. – М.: „Наука”, 1979. – 303с.
7. Танаев В.С. Введение в теорию рас писаний [Текст] / В.С. Танаев, В.В. Шкурба. – М.: Наука, 1975. – 256с.