

УДК 656.073

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИМИТАЦИОННОЙ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛЕЙ ГРУЗОВОГО КОМПЛЕКСА АЭРОПОРТА**

Пахомова Д.В.

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва, г. Самара,  
e-mail: dashoche@mail.ru*

Рост объемов грузовых воздушных перевозок требует совершенствования технологического процесса грузовых комплексов аэропортов. Ключевой подсистемой аэропортового грузового комплекса является грузовой склад. Рассмотрен грузовой склад с наиболее распространенной технологической схемой, предполагающей стеллажный способ хранения грузов на складских поддонах с раздельной обработкой отправляемых и прибывающих грузов [1].

Технологическая система наземного обслуживания грузовых перевозок в аэропорту представляет собой характерный пример системы массового обслуживания с приоритетами. Приоритетными потоками являются выходящий поток грузов из склада отправления в сторону перрона и входящий поток грузов со стороны перрона в склад прибытия. Неприоритетные потоки – входящий поток грузов в склад отправления, поступающий со стороны грузового двора, и выходящий поток груза, поступающий со склада прибытия на грузовой двор.

В качестве аналитической модели выбрана модель системы массового обслуживания с ожиданием и приоритетными потоками требований [1], предназначенная для определения оптимальной численности средств внутрискладской обработки грузов.

Для оценки точности и области применимости аналитической модели разработана имитационная дискретно-событийная модель грузового склада, рассматриваемого как многоканальная обслуживающая система с приоритетами [2]. При построении модели использовано программное обеспечение стохастического моделирования AnyLogic [3].

С использованием обеих моделей в широком диапазоне интенсивностей потока грузов ( $\lambda$ ) определена минимальная численность технических средств обслуживания склада (кранов-штабелеров или электропогрузчиков), достаточная для обработки грузов с заданным допустимым временем ожидания ( $t_{\text{допуст}}^{\text{ожид}}$ ), которое должно выполняться с заданной вероятностью ( $P_{\text{допуст}}$ ).

Некоторые результаты оптимизации с использованием обеих моделей для различных значений  $t_{\text{допуст}}^{\text{ожид}}$  и  $P_{\text{допуст}}$  представлены на рис. 1 и 2.

Сравнительный анализ результатов обеих моделей позволяет сделать вывод о том, что в рассмотренном диапазоне  $\lambda$  аналитической моделью обеспечивается приемлемая точность расчетов только при весьма жестких требованиях к качеству обслуживания. Так, при  $t_{\text{допуст}}^{\text{ожид}} = 5$  минут,  $P_{\text{допуст}} = 0,05$  отличия оптимального числа обслуживающих средств, определенных по двум моделям, не превышают одной единицы. Однако при снижении требований по качеству обслуживания до уровня  $t_{\text{допуст}}^{\text{ожид}} = 12$  минут,  $P_{\text{допуст}} = 0,1$  метод расчета оптимальной численности средств обработки грузов, предложенный в [1], приводит к ошибке более 30%.

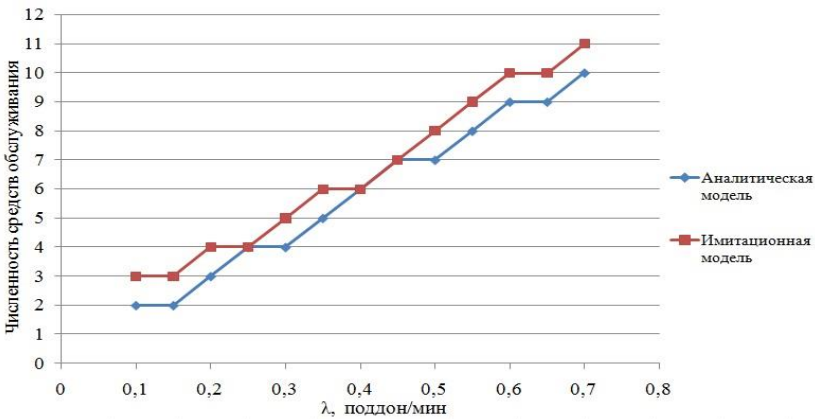


Рис. 1. Численность средств обслуживания ( $t_{\text{допуст}}^{\text{ожид}} = 5$  минут,  $P_{\text{допуст}} = 0,05$ )

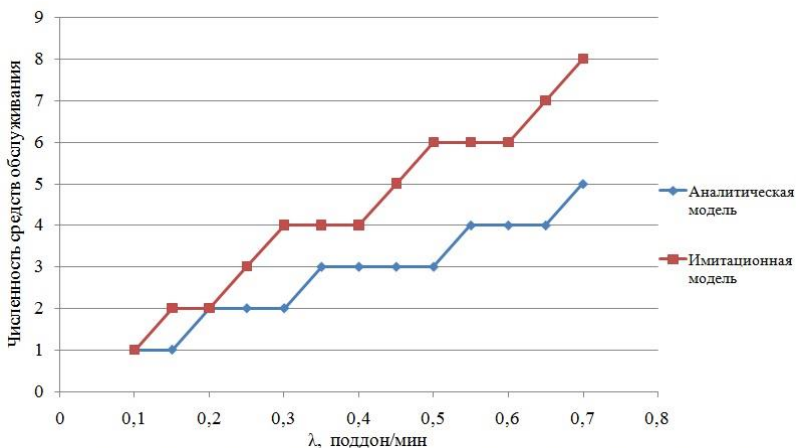


Рис. 2. Численность средств обслуживания ( $t_{допуст}^{ожид} = 12$  минут,  $P_{допуст} = 0,1$ )

Результаты сравнения свидетельствуют об ограниченности области применения аналитической модели грузового склада.

Таким образом, на практике при организации и оптимизации работы грузовых комплексов рекомендуется использовать имитационные методы проектирования грузовых систем.

#### Список использованных источников

1. Русинов, И. Я. Организация воздушных перевозок: учебник / И. Я. Русинов, В. П. Инюшин, Л. А. Цеханович, В. А. Подшипков, Г. А. Букин, А. В. Башкирова. – Москва: ТРАНСПОРТ, 1976. – 180 с.
2. Пахомова, Д. В. Имитационная модель грузового комплекса аэропорта как обслуживающей системы с приоритетами / Д. В. Пахомова, В. А. Романенко // LXX молодежная научная конференция, посвященная 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне и 100-летию со дня рождения В. П. Лукачёва. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2020. – С. 222-223.
3. Боев, В. Д. Моделирование в AnyLogic: учебник / В. Д. Боев. – Санкт-Петербург: ВАС, 2016. – 412 с.