

УДК 51-74

ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Самойлович В.П.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (443086, Самара, ул. Московское шоссе, д. 34), e-mail: viksam145@mail.ru

Детерминированная модель процесса наземного обслуживания воздушных перевозок

Объект исследования - процесс наземного обслуживания воздушных перевозок. Цель работы – определение требуемого количества техники для проведения технологических операций по наземному обслуживанию воздушных перевозок. Для выполнения технологических операций численность технологических средств аэропорта должна определяться с учетом параметров качества обслуживания перевозок. Для этого надо решить задачу оптимизации требуемых ресурсов аэропорта при выбранном качестве обслуживания. Совместное решение указанной задачи чрезвычайно трудоемко, требует построения и использования очень сложных моделей, поэтому разделим эту задачу на две отдельные задачи, решаемые в следующем порядке: 1) обеспечение высокого качества предоставляемых услуг; 2) минимальные затраты на требуемые ресурсы (технологические средства). Для решения поставленных задач необходимо смоделировать процесс наземного обслуживания при помощи математических моделей. Для решения 1 задачи требуется сформировать математическую модель наземного обслуживания ВС без учета ограничений по пропускной способности обслуживающей системы. Для решения 2 задачи требуется сформировать математической модели процесса наземного обслуживания с учетом ограничений по пропускной способности обслуживающей системы. Проведя анализ результатов двух математических моделей процесса наземного обслуживания, можно сделать следующие выводы: Во-первых, обе модели имеют решение, таким образом, они оправдывают свое назначение. Во-вторых, моделирование процесса наземного обслуживания воздушных перевозок позволяет получить одинаковое оптимальное требуемое количество техники, что повышает их достоверность. В-третьих, сравнивая две модели, отметим, что детерминированная модель, требует трудоемкой обработки статистических данных, что хорошо подходит для аэропортов с большой пропускной способностью, тогда как имитационная модель будет оптимальная для аэропортов с малой пропускной способностью, так как данные получаются методом подбора.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ГРАФИКИ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ.

51 74 AIRCRAFT GROUND HANDLING MATHEMATICAL MODEL

Samoylovich V.P.

Samara national research university (443086, Samara, Moscow highway, 34)

The subject of research is the process of ground handling of air transported operation. The purpose of research is to determine the required number of equipment for aircraft ground handling. The required number of technical operations of the airport should be determined taking into account the parameters of the quality of service traffic. To do this, it is necessary to solve the problem of optimization the required resources of the airport with the selected quality of service. The modern solution of this problem is extremely laborious, requires the construction and use of very complex models, so this problem can be divided into two separate ones, solved in the following order: 1) ensuring high quality of services provided; 2) minimized costs for required resources (technical facilities). To solve the set tasks it is necessary to simulate the process of ground handling with the help of mathematical models. To solve problem 1, it is necessary to form a mathematical model of ground maintenance of aircraft without taking into account the capacity limitations of the servicing system. To solve problem 2, it is necessary to form a mathematical model of the ground handling process taking into account the conditions of the capacity of the servicing system. After analyzing the results of two mathematical models of the process of ground handling, we can draw the following conclusions: First, both models have a solution, so they justify their use. Secondly, modeling of the process of ground handling of air transportation allows us to get the same optimal required amount of equipment, which increases their reliability. Thirdly, comparing the two models, we note that the deterministic model requires labor-intensive statistical data processing, which is well suited for airports with high capacity, while the simulation model will be optimal for airports with low capacity, since the data are obtained by the method of selection [5].

Под процессом наземного обслуживания понимается процесс проведения технологических операций по наземному обслуживанию ВС, пассажиров, их багажа, грузов, почты [2]. Эти операции влияют на общую продолжительность обслуживания и зависят от различных характеристик, таких как: тип ВС, категория рейса, средств наземного обслуживания ВС и др.

Набор и продолжительность технологических операций определяется заведомо составленными технологическими графиками [1].

Технологические графики составляются для различных рейсов: начальных, конечных, транзитных, оборотных.

Технологические графики позволяют определить последовательность и продолжительность работ, которые состоят из технологических операций, и выявить совокупность работ, которые не могут проводиться одновременно.

Поэтому набор технологических операций должен соответствовать двум требованиям:

- 1) технологические операции должны быть универсальными и обязательными для любых типов ВС;
- 2) совокупность некоторых технологических операций не должны проводиться одновременно.

Поэтому потребная для выполнения технологических операций численность технологических средств аэропорта должна определяться с учетом параметров качества обслуживания перевозок.

Для этого надо решить задачу оптимизации требуемых ресурсов аэропорта при выбранном качестве обслуживания. Совместное решение указанной задачи чрезвычайно трудоемко, требует построения и использования очень сложных моделей, поэтому разделим эту задачу на две отдельные задачи, решаемые в следующем порядке:

- 1) обеспечение высокого качества предоставляемых услуг;
- 2) минимальные затраты на требуемые ресурсы (технологические средства).

Исходными данными будут:

t – время работы аэропорта;

$[T_0; T_{\text{кон}}]$ – рассматриваемый момент времени (его продолжительность 12 часов);

N – число рейсов;

i – вид технологической операции;

j – номер рейса и соответствующий ему тип ВС;

t_j^H – время начала обслуживания j -ого рейса;

t_j^K – время окончания обслуживания j -ого рейса;

$T_{\text{ож}}^{\text{ЗАД}}$ – заданное время ожидания начала обслуживания (примем, что

$T_{\text{ож}}^{\text{ЗАД}} = 5 \text{ минут}$);

$\partial_{ож}^{3AD}$ - заданная доля рейсов, фактическое время ожидания обслуживания которых, не превышает заданного времени ожидания ($\partial_{ож}^{3AD}=0,85$);

n_j - требуемое количество техники для каждого j -ого рейса.

Решение 1 задачи.

Пусть t – время работы аэропорта, $T_{ож}^{3AD} = 0$.

Тогда суммарное требуемое количество техники для каждого рейса задается зависимостью:

$$n^{\Sigma}(t) = \sum_{j \in J(t)} n_j \quad (1)$$

где $J(t)$ - множество рейсов, обслуживаемых в момент времени $t \in [T_0; T_{кон}]$.

$$J(t) = \{j \in \{1, \dots, N\} : t_j^H \leq t \leq t_j^K\} \quad (2)$$

На рисунке 1 изображен график зависимости $n^{\Sigma}(t)$ от t .

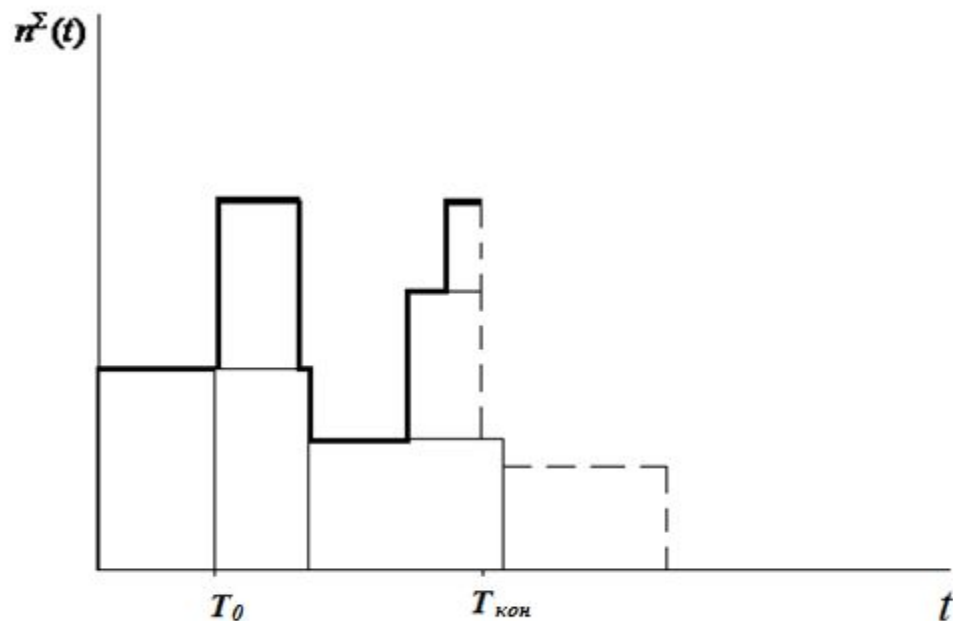


Рисунок 1 - график зависимости $n^{\Sigma}(t)$ от t

Решая задачу оптимизации, получаем, что оптимальное требуемое число техники равно:

$$n^{opt} = \max_{t \in [T_0; T_{кон}]} n^{\Sigma}(t) \quad (3)$$

Решение 2 задачи.

Критерием качества обслуживания является время ожидания обслуживания.

Пусть $T_{ож}^{ЗД} > 0$, тогда $\partial_{ож}^{ЗД}$ - заданная доля рейсов, фактическое время ожидания обслуживания которых, не превышает заданного времени ожидания.

Соответственно доля рейсов, фактическое время ожидания обслуживания которых, не превышает заданного времени ожидания, находится по формуле:

$$\partial_{ож} = \frac{N_{T_{ож} < T_{ож}^{ЗД}}(n)}{N} \quad (4)$$

где $N_{T_{ож} < T_{ож}^{ЗД}}(n)$ - число рейсов, время ожидания обслуживания которых, меньше заданного времени обслуживания.

Для решения данной задачи, необходимо выполнения ограничений:

$$T_{ож} < T_{ож}^{ЗД}$$

$$\partial_{ож} > \partial_{ож}^{ЗД}$$

Решая задачу оптимизации, получаем, что оптимальное требуемое число техники равно:

$$n^{opt} = \min(n) \quad (5)$$

Алгоритм решения задачи оптимизации требуемых ресурсов аэропорта при выбранном качестве обслуживания.

Этап 1. Изучить тенденции и проблемы развития авиатранспортной отрасли. Сбор и обработка статистических данных, характеризующих производственный процесс исследуемого аэропорта.

Этап 2. Определить набор технологических операций проводимых для обслуживания вылетающих и прибывающих ВС [3].

Набор технологических операций по наземному обслуживанию вылетающих ВС:

- 1) подгон трапа к ВС;
- 2) заправка ВС топливом;
- 3) регистрация пассажиров;
- 4) погрузка бортового питания;
- 5) доставка и погрузка багажа;
- 6) доставка пассажиров к ВС;
- 7) посадка пассажиров в ВС;

8) отгон трапа от ВС.

Набор технологических операций по наземному обслуживанию прибывающих ВС:

- 1) подгон трапа к ВС;
- 2) высадка пассажиров из ВС;
- 3) доставка пассажиров к АВК;
- 4) выгрузка бортпитания;
- 5) выгрузка и доставка багажа;
- 6) выдача багажа пассажирам;
- 7) уборка салонов ВС;
- 8) отгон трапа от ВС [4].

Этап 3. На основе набора технологических операций и средней продолжительности технологических операций, строятся, так называемые модельные графики, которые отражают последовательность операций.

Этап 4. Типы ВС группируем в зависимости от пассажироместимости и получаем I, II, III группы ВС.

Этап 5. Для решения поставленных задач необходимо смоделировать процесс наземного обслуживания при помощи математических моделей.

Этап 5.1. Для решения 1 задачи требуется сформировать математическую модель наземного обслуживания ВС без учета ограничений по пропускной способности обслуживающей системы.

Для данной модели необходимо рассмотреть два случая режима работы обслуживающей системы:

- а) режим работы обслуживающей системы в «час-пик»;
- б) режим работы обслуживающей системы, когда количество рейсов максимально.

Этап 5.2. Для решения 2 задачи требуется сформировать математической модели процесса наземного обслуживания с учетом ограничений по пропускной способности обслуживающей системы. Ограничения:

- 1) фактическое время обслуживания ВС не должно превышать заданного времени обслуживания;

2) доля рейсов, фактическое время ожидания обслуживания которых, не превышает заданного времени ожидания, должна быть больше заданной доли (

$$\partial_{ож} > \partial_{ож}^{ЗД}).$$

Этап 6. Программная реализация математических моделей на базе табличного процессора Microsoft Excel.

Этап 7. Моделирование. Выводы и анализ полученных результатов.

Для решения задачи 1 и 2 вводятся следующие допущения:

- 1) используются данные виртуального табло прилетов-вылетов и материалы базы данных производственной информационной системы аэропорта «Курумоч»;
- 2) набор технологических операций, входящих в состав модельного технологического графика наземного обслуживания ВС в аэропорту не зависит от типа ВС, а зависит от категории рейса;
- 3) продолжительность технологических операций зависит только от группы ВС;
- 4) марка и характеристики техники необходимой для проведения технологических операций не влияют на продолжительность обслуживания.

Проведя анализ результатов двух математических моделей процесса наземного обслуживания, можно сделать следующие выводы:

Во-первых, обе модели имеют решение, таким образом, они оправдывают свое назначение.

Во-вторых, моделирование процесса наземного обслуживания воздушных перевозок позволяет получить одинаковое оптимальное требуемое количество техники, что повышает их достоверность.

В-третьих, сравнивая две модели, отметим, что детерминированная модель, требует трудоемкой обработки статистических данных, что хорошо подходит для аэропортов с большой пропускной способностью, тогда как имитационная модель будет оптимальная для аэропортов с малой пропускной способностью, так как данные получаются методом подбора.

Список источников:

1. Бадулина А.В. Современное состояние и перспективы развития международного рынка малой авиации / Бадулина А.В. // Российский внешнеэкономический вестник.-2014.-№5-С. 68-79.

2. Воздушное судно (<https://ru.wikipedia.org/wiki/>)
3. Романенко В.А. Моделирование производственных процессов узловых аэропортов. Монография. Саарбрюккен: Издательство "LAP LAMBERT Academic Publishing", 2012. - 286 с.
4. Сборник технологических графиков обслуживания ВС (<http://www.airport.samara.ru/>)
5. Algorithmic Solutions Software GmbH, Germany. The LEDA User Manual, leda 4.5 edition.