

УДК 656.7-519.87

## **ИМИТАЦИОННО-ГИСТОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ БАГАЖА**

Скороход М.А., Романенко В.А.

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

Имитационное моделирование при анализе и оптимизации сложных процессов и систем является мощным инструментом, позволяющим получать наиболее точные результаты. Однако затраты ресурсов и времени, необходимые для построения модели и проведения эксперимента, напрямую зависят от уровня сложности исследуемой системы. Так, моделирование системы обработки багажа (СОБ) даже небольшого аэропорта является весьма трудоемким, учитывая, что процесс обработки включает ряд разнообразных технологических операций стохастического характера. Аналитические же модели, подходящие для типа изучаемого объекта – модели систем и сетей массового обслуживания, не всегда способны дать необходимую для решения ряда задач точность получаемых результатов.

В работе при построении модели СОБ рассматривается подход, основанный на синтезе имитационного моделирования и гистограммных вычислений. Общая имитационная модель заменяется комплексом субмоделей. Они более простые, отражают отдельные технологические операции и позволяют получать ряд частных показателей. Для определения комплексных индикаторов эффективности работы СОБ [3] применяются гистограммные вычисления, которые представляют собой численные операции над плотностями и функциями распределения случайных величин (СВ) и их функций [1], полученных в субмоделях.

На рисунке 1 представлена типовая схема СОБ региональных аэропортов, включающая три типа укрупненных технологических блоков: блок регистрации багажа («check-in»), блок многоуровневого досмотра («screening») и блок сортировки и комплектования («sorting»). В зависимости от масштаба аэропорта и применяемых технологий может меняться количество блоков

одного типа, появляться новый тип, например, блок ввода и досмотра трансферного багажа, происходит объединение или декомпозиция блоков в соответствии цели конкретной задачи.

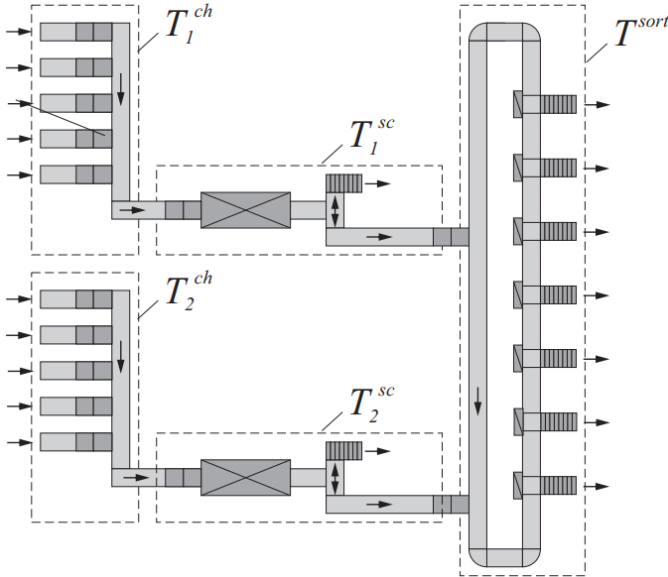


Рис. 1 Типовая схема СОБ с выделением технологических блоков

Для описанного примера построены три субмодели, при этом исключался фактор дублирования блоков. Результатами является ряд частных показателей, таких как пропускная способность и надежность бесперебойной работы подсистем, время нахождения багажа в соответствующей подсистеме ( $T^{ch}$ ,  $T^{sc}$ ,  $T^{sort}$  – в блоке «check-in», «screening», «sorting», соответственно) и другие.

Важную комплексную оценку эффективности работы СОБ аэропорта дает значение общего времени нахождения места багажа в системе, которое представляет собой функциональную зависимость  $T_{\Sigma} = f(\mathbf{T})$  векторного аргумента  $\mathbf{T} = (T^{ch}, T^{sc}, T^{sort})$ , где частные показатели субмоделей  $T^{ch}$ ,  $T^{sc}$ ,  $T^{sort}$  являются независимыми СВ с функциями распределения  $F_T(t)$  и плотностями  $f_T(t)$  заданными гистограммами – кусочно-постоянными функциями  $f'_T(t)$ .

На отрезке  $[t_{i-1}, t_i]$  гистограмма принимает постоянное  $f'_{Ti}$  значение, которое представляет собой усреднённое на отрезке значение плотности вероятности  $f_T(t)$  и связано с  $F_T(t)$  и  $f_T(t)$ :

$$f'_{Ti} = \frac{\int_{t_{i-1}}^{t_i} f_T(t) dt}{t_i - t_{i-1}} = \frac{F_T(t_i) - F_T(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}.$$

Плотность вероятности СВ  $T_\Sigma = T^{ch} + T^{sc} + T^{sort}$  восстанавливается методами гистограммной арифметики с учетом того, что вероятность попадания суммы  $T_\Sigma = T_1 + T_2$  на отрезок  $[t_{\Sigma j-1}, t_{\Sigma j}]$  приближённо рассчитывается по формуле

$$P(t_{\Sigma j-1} < T_\Sigma < t_{\Sigma j}) = \iint_{\{(t_1, t_2): t_{\Sigma j-1} < t_1 + t_2 < t_{\Sigma j}\}} f_{T_1}(t_1) f_{T_2}(t_2) dt_1 dt_2$$

с использованием вместо плотностей вероятности гистограммно заданных усредненных плотностей [2].

Расхождение результатов имитационно-гистограммной модели с результатами полной имитационной не превышает 4%, что подтверждает результативность построенной комбинированной модели и правомерность использования описанного подхода при исследовании СОБ.

#### Список использованных источников

1. Герасимов В. А. Численные операции гистограммной арифметики и их применения / В. А. Герасимов, Б. С. Добронев, М. Ю. Шустров // Автоматика и телемеханика. – 1991. – № 2. – С. 83-88.
2. Добронев Б.С. Численный вероятностный анализ неопределенных данных: монография / Б.С. Добронев, О.А. Попова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 168 с.
3. Кольцов И.В. Оценка функциональной эффективности системы обслуживания перевозок в аэровокзале регионального аэропорта / И.В. Кольцов, В.А. Романенко // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2017. – № 3. – С. 55-64.