



УДК 656.7.025

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПАСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ В АЭРОПОРТУ

Г.В. Давыдова, преподаватель кафедры системного анализа и логистики ГУАП,

А.С. Костин, студент кафедры системного анализа и логистики ГУАП.

В.В. Рубинов, студент кафедры системного анализа и логистики ГУАП.

В современное время службы аэропорта стремятся повысить уровень комфорта пассажира и сократить время на оформление документов. Одним из революционных подходов, является введение в эксплуатацию систем автоматического прохождения паспортного контроля.

Оценивая эффективность данной системы, а так же, рассматривая возможность ее реализации в крупных аэропортах России (в частности, в аэропорту Пулково) важно оценить надежность данной системы.

Ключевые слова: *аэропорт, автоматизированная система пограничного контроля, надежность системы, время обслуживания, математическая модель, резерв.*

Аэропорт - комплекс сооружений, включающий в себя аэродром, аэровокзал, и различные специальные сооружения. Аэропорт предназначен для приема, отправки, обслуживания воздушных судов. В современное время пассажиропоток крупных аэропортов оценивается десятками миллионов пассажиров в год. Среди основных преимуществ авиаперевозок, можно выделить следующие: высокую скорость доставки пассажиров к месту назначения; данный вариант перевозок не имеет альтернативы, если необходим перелет в минимально короткий срок. Кроме того, возможность перевозки пассажиров на значительные расстояния и в самые отдаленные точки планеты, делает этот вид перевозок очень востребованным.

Пассажирские перевозки таких масштабов требуют особого подхода к безопасности, и накладывают на пассажира обязанность прохождения определенных процедур и служб (предполетный досмотр, таможенный и паспортный контроль). Особую важность имеют международные перелеты, где каждый пассажир обязан пройти зону пограничного контроля.

Под пограничным контролем понимается государственный контроль, который заключается в проведении комплекса действий по признанию законности пересечения государственной границы.

Пограничный контроль включает в себя пропуск лиц, транспортных средств, грузов, товаров и животных через государственную границу. Пограничный контроль – это паспортный контроль и досмотр транспортных средств, грузов и товаров. Под паспортным контролем понимается проверка оснований для пропуска через государственную границу лиц в целях обнаружения и задержания нарушителей правил пересечения государственной границы. Паспортный контроль представляет собой:

- проверку документов;
- сличение фотографии в документе с личностью предъявителя (идентификация личности);
- установление действительности документов и проверка лиц по спискам.



Авиакомпании рекомендуют пассажирам прибывать в аэропорт за 2-3 часа до вылета воздушного судна. За это время пассажир успевает пройти все необходимые службы [1-5]. В интересах пассажира как можно меньшее время тратить на прохождение этих процедур. Аэропорт так же стремится повысить уровень комфорта и сократить время на оформления документов пассажира. Для этого проводится анализ пассажиропотока, выбор оптимального количества стоек регистрации, выявление слабых мест и мест с наиболее вероятным появлением очередей, а так же поиск путей модернизации системы. Одним из революционных подходов является введение в эксплуатацию систем автоматического прохождения пограничного контроля.

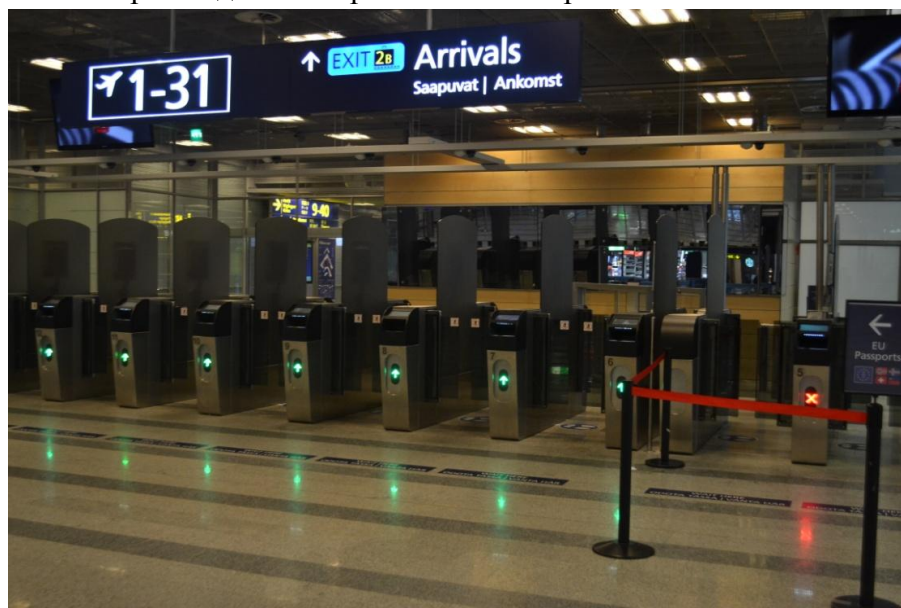


Рис. 1. Автоматизированная система контроля в аэропорту города Хельсинки

Система автоматического паспортного контроля реализована в Финляндии. В аэропорту Хельсинки (рис.1.) граждане ЕС, Европейской экономической зоны, Швейцарии, а так же Японии, имеющие биометрические паспорта, могут воспользоваться средствами быстрого и удобного автоматического контроля.

Для использования автомата паспортного контроля у пассажира должны быть действующий паспорт и виза. Сначала оборудование считывает паспорт и визу, после чего пассажир перемещается через электронные ворота в зону считывания биометрических персональные данных, где у пассажира сканируется лицо и считываются отпечатки пальцев. Контроль при выезде из страны не предусматривает считывание отпечатков пальцев. После автоматического контроля пассажир подходит к сотруднику пограничной службы, который кратко опрашивает его и ставит штамп в паспорте.

Такая система имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными: в первую очередь, серьезно сокращается время прохождения пограничного контроля, благодаря чему, существенно увеличивается пропускная способность системы. Кроме того, для обслуживания всех стоек необходимо значительно меньшее количество рабочего персонала. Важно отметить компактную организацию пункта контроля и снижение роли персонала в обработке пассажира (как следствие снижение человеческого фактора).



Все вышеописанное позволяет сделать предположение о том, что такая система в скором времени получит массовое распространение.

Оценивая эффективность данной системы, а также рассматривая возможность ее реализации в крупных аэропортах России (в частности, в аэропорту Пулково), важно оценить надежность данной системы.

Для того чтобы произвести оценку надежности автоматизированной системы, нужно определить тип резервирования, который заложен в систему для реализации ее нормальной работы[6,7].

Для автоматизированной системы возможны следующие варианты резервирования:

1. Система с постоянным резервированием.

При постоянном резервировании резервные элементы соединены параллельно с основным (рабочим) элементом в течение всего периода работы системы. Все элементы соединены постоянно, перестройка схемы при отказах не происходит.

2. Резервирование замещением в режиме облегченного и ненагруженного резерва.

Если рассматривать эту систему как систему с замещением резервирования в режиме облегченного (теплого) резерва и в режиме ненагруженного (холодного) резерва, то в этом случае резервные элементы будут находиться в облегченном режиме до момента их включения в работу. Надежность резервного элемента в этом случае выше надежности основного элемента, так как резервные элементы находятся в режиме недогрузки до момента их включения в работу.

3. Резервирование с дробной кратностью и постоянно включенным резервом.

В этом случае резервированная система состоит из l отдельных систем. Для ее работы необходимо чтобы исправными были не менее чем h систем.

Таблица 1 - Математические модели

Название системы	Математическая модель	
	Вероятность безотказной работы системы	Среднее время безотказной работы
1. Система с постоянным резервированием.	$P_c(t) = 1 - \prod_{j=0}^m [1 - P_j(t)] \quad (1.1)$	$m_{tc} = T_0 \sum_{j=0}^m \frac{1}{1+j} \quad (1.2)$
2. Резервирование замещением в режиме облегченного и ненагруженного резерва.	$m_k = \int_0^{\infty} p_c(t) dt = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^m \frac{1}{1+ik},$ где $k = \frac{\lambda_1}{\lambda_0}$ (2.1)	$m_k = \int_0^{\infty} p_c(t) dt = \frac{m+1}{\lambda_0} \quad (2.2)$
3. Резервирование с дробной кратностью и постоянно включенным резервом.	$P_c(t) = \sum_{i=0}^{l-h} C_l^i P_0^{l-i}(t) \sum_{j=0}^i (-1)^j C_i^j P_0^j(t),$ где $C_j^i = \frac{l!}{i!(l-i)!}$ (3.1)	$m_{tc} = \int_0^{\infty} P_c(t) dt = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^{l-h} \frac{1}{h+i} \quad (3.2)$



Смоделируем следующую ситуацию, A320 (вместимость 150 человек) приземлился в аэропорту. Пусть работают 10 стоек пограничного контроля, а практическую вероятность отказа примем 1 ед. в неделю. Примем, что на прохождение одним пассажиром автоматизированной системы пограничного контроля уходит 2 минуты.

Если исправны и работают все 10 стоек, то время прохождения всеми пассажирами паспортного контроля найдем по формуле:

$$T \times \frac{A}{P}, \text{ где } A - \text{ количество пассажиров, а } P - \text{ количество автоматических единиц погранично-}$$

го контроля работающих параллельно, T - время обслуживания одного пассажира.

$2 \times \frac{150}{10} = 30$ (мин) – очереди не возникает, время ожидания сопоставимо со временем прохождения процедуры (при условии, что все пассажиры равномерно распределяются по аппаратам).

В случае если пассажиров будет обслуживать только одна стойка, то время прохождения всеми пассажирами очереди займет:

$$2 \times \frac{150}{1} = 300 \text{ (мин)} - \text{ возникает большая очередь.}$$

$2 \times \frac{150}{5} = 60$ (мин) – время полного обслуживания пассажиров самолета при условии работы половины стоек.

Отсюда следует, что нормальная очередь на каждую работающую стойку 15-20 человек. Причем при уменьшении количества автоматов скорость обработки всех пассажиров линейно убывает, и приводит, в конечном счете, к возникновению очереди [8].

С точки зрения аэропорта важно иметь то количество единиц автоматического пограничного контроля, которое обеспечит прохождение пункта без увеличения времени ожидания для каждого следующего пассажира.

Кроме того, важно учитывать то, что в случае возникновения сбоя в одной из стоек, система теряет стабильность. Даже если незамедлительно будет выведена из резерва дополнительная стойка, необходимо вмешательство сотрудников, чтобы равномерно распределить поток пассажиров из стойки, вышедшей из строя в резервную стойку или соседние. В противном случае неравномерное распределение пассажиропотока приведет к серьезному увеличению времени прохождения.

Примем пассажиропоток аэропорта 100 пассажиров в час. Это означает, что для быстрого прохождения системы пограничного контроля нужно, чтобы постоянно работало 5 стоек. Пропускной способности такого количества стоек достаточно для соблюдения минимального порога пассажиропотока (время прохождения стойки всеми пассажирами 40 минут). Это означает, что отказ системы не наступит, если откажут 4 или даже 5 любых стоек, т.е. имеет место быть *резервирование с дробной кратностью* $m=5/5$ при общем числе устройств 10.

Важно учитывать то, что пассажиропоток аэропорта динамичен (рис. 2). Этот факт означает, что при увеличении пассажиропотока повышается вероятность сбоя системы в целом, так как резерв уже не может быстро разгрузить систему. Это в свою очередь приведет к возникновению больших очередей. Таким образом, можно сделать вывод, что пики пассажиропотока повышают вероятность сбоя системы.

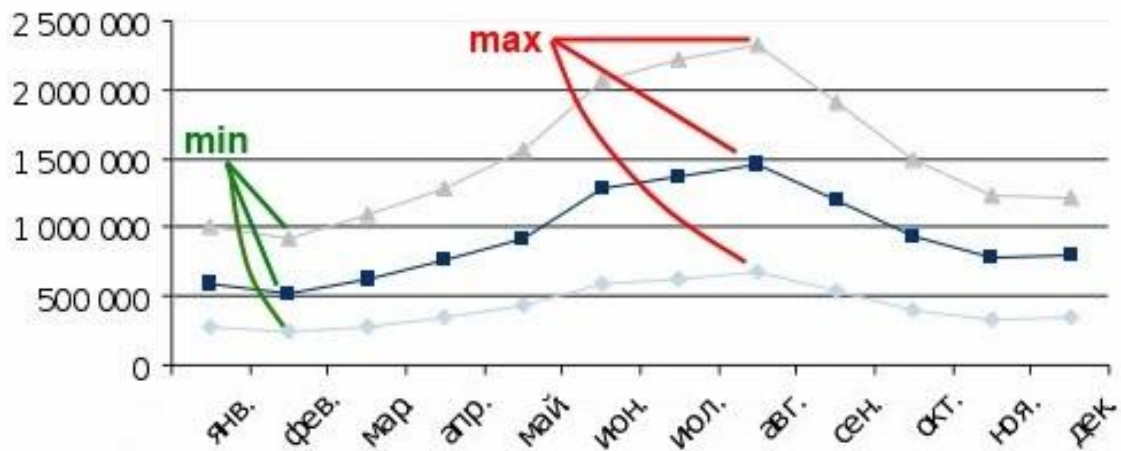


Рис. 2. Динамика пассажиропотока аэропорта Пулково

Поскольку мы выяснили, что система описывается при помощи модели *резервирования с дробной кратностью*, то с помощью формул (3) можно найти вероятность безотказной работы системы в течение N часов и среднее время безотказной работе при заданной интенсивности отказов одной стойки.

Найдем среднее время безотказной работы на основании формулы (3.2), учитывая разную вероятность сбоя одного элемента.

Для данных нашей задачи, $\lambda(t) = \frac{\Delta n(t)}{\Delta t \cdot n(t)}$, где $\lambda(t)$ - статистическая оценка интенсивности

отказов изделия, $n(t)$ - число стоек, не отказавших к моменту времени t ; $\Delta n(t)$ - число отказавших стоек на участке времени $(t+\Delta t)$.

Если интенсивность отказов каждой стойки $\lambda_0 = 0.0059$ 1/час (один отказ в неделю):

$$m_{tc} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^{l-h} \frac{1}{h+i} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^5 \frac{1}{2+i} = \frac{317}{210 \cdot \lambda_0} \approx 255.8 \text{ часа}$$

Если же интенсивность отказов возрастет до 5 отказов в неделю ($\lambda_0 = 0.0297$ 1/час):

$$m_{tc} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^{l-h} \frac{1}{h+i} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^5 \frac{1}{2+i} = \frac{317}{210 \cdot \lambda_0} \approx 50.8 \text{ часа}$$

Наблюдается линейное снижение расчетного времени безотказной работы системы в моменты повышения интенсивности отказов. Это означает что в моменты пиков пассажиропотока (на рис.2 отмечены “max”) в системе чаще будут возникать сбои и, как следствие, будут возникать продолжительные очереди.



По результатам данного исследования, можно сделать следующий вывод.

Несмотря на то, что в целом система автоматического контроля сильно упрощает работу служб, при ее реализации в аэропорту с большим пассажиропотоком такая система хоть и сократит время прохождения, но не приведет к сокращению времени пребывания пассажира в аэропорту. Поскольку нельзя избежать возникновения очереди, если все пассажиры придут на пункт прохождения контроля в одно время. Необходимость прибытия пассажира в аэропорт за несколько часов по-прежнему сохранится. При этом нельзя не отметить повышение комфортабельности пребывания в аэропорту. Пассажир скорее согласится провести свободное время до посадки на рейс в кафе или в зоне беспошлинной торговли в аэропорту, нежели провести это время в очереди.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон РФ от 01 апреля 1993 г. № 4730-І «О Государственной границе Российской Федерации».
2. Постановление Совета Министров – Правительства РФ от 10 августа 1993 г. №770 «О создании общегосударственной автоматизированной системы изготовления, оформления и контроля паспортно-визовых документов, новых образцов».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2007 г. №94 «О государственной информационной системе миграционного учета».
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 5 августа 2005 г. № 1156-р «О мерах по реализации Концепции создания государственной системы изготовления, оформления и контроля паспортно-визовых документов нового поколения, одобренной распоряжением Правительства РФ от 15 марта 2005 г. №277-р».
5. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19 марта 1997 г. 60-ФЗ.
6. Сборник задач по теории надежности /Под редакцией А. М. Половко и И. М. Маликова. – М.: – Советское радио , 1972 .
7. И.Н.Липатов Решение задач по курсу «Прикладная теория надежности» Пермь, 1996.
8. Майоров, Н. Н. Метод оценки пропускной способности аэровокзального комплекса с помощью имитационного моделирования / Н. Н. Майоров, В.А. Фетисов // Информационно - управляющие системы: журнал для учёных. - СПб. : ГУАП, 2014. - № 6 (72). - С. 81-86.