

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК В АЭРОВОКЗАЛЕ РЕГИОНАЛЬНОГО АЭРОПОРТА

© 2017

И. В. Кольцов старший преподаватель кафедры организации и управления перевозками на транспорте;
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва;
kolt2721@gmail.com

В. А. Романенко кандидат технических наук, доцент кафедры организации и управления перевозками на транспорте;
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва;
vla_rom@mail.ru

Рассмотрена система обслуживания перевозок в аэровокзале регионального аэропорта, предназначенная для выполнения технологических операций, связанных с регистрацией вылетающих пассажиров и обработкой их багажа. Предложен комплекс показателей функциональной эффективности системы, включающий количественные характеристики производительности, надёжности и качества обслуживания, доступные для определения широко используемыми методами математического моделирования, в первую очередь имитационного. Приведены результаты оценки эффективности модельной системы, близкой по характеристикам к современным системам отечественных региональных аэропортов.

Региональный аэропорт; система обработки багажа; показатели эффективности системы; имитационная модель.

Цитирование: Кольцов И.В., Романенко В.А. Оценка функциональной эффективности системы обслуживания перевозок в аэровокзале регионального аэропорта // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. Т. 16, № 3. С. 55-64. DOI: 10.18287/2541-7533-2017-16-3-55-64

Введение

Современные тенденции развития авиатранспортной отрасли РФ, выраженные в неустойчивом, но порой бурном росте пассажиропотоков, повышении доли международных перевозок, обострении конкуренции, стремлении обеспечить международный уровень качества обслуживания перевозок, обуславливают актуальность проблемы повышения производительности технологических комплексов отечественных региональных аэропортов, одним из действенных подходов к разрешению которой является их оснащение современными высокопроизводительными техническими средствами и системами. Следование данному, весьма затратному, подходу предполагает выполнение предварительного технико-экономического анализа с целью выбора оптимального варианта внедряемого оборудования, что требует наличия совокупности показателей, позволяющих сравнивать эффективность рассматриваемых вариантов. Поскольку для оценки целесообразности внедрения системы в условиях определённого аэропорта может потребоваться имитационное моделирование, то в качестве показателей эффективности должны использоваться такие характеристики системы, которые могут быть определены указанным методом.

Рассматривается вопрос формирования комплекса показателей эффективности системы обслуживания вылетающих пассажиров и обработки их багажа в аэровокзале большого регионального аэропорта, под которым понимается аэропорт крупного областного или курортного центра с пассажиропотоком 1,5 – 5,0 млн пасс. Исследуемая

система подразделяется на подсистему обслуживания пассажиров на этапе регистрации и оформления багажа к перевозке и подсистему переработки вылетающего багажа, элементами которых являются технические средства и персонал, выполняющие соответствующие технологические операции. Технологическое «ядро» второй из подсистем составляет система обработки багажа (СОБ), характеристики которой определяющим образом влияют на возможности всей аэровокзальной системы обслуживания. Следует отметить, что последние годы ознаменовались вводом в эксплуатацию СОБ в целом ряде российских аэропортов – как столичных, так и региональных. Имеется ряд публикаций, посвящённых анализу, моделированию и оптимизации функционирования СОБ [1–3], а также построению их аналитических и полуаналитических моделей [4;5]. Однако обычно исследуются масштабные высокопроизводительные автоматические СОБ крупных аэропортов, либо, если рассматривается СОБ аэропорта среднего масштаба, то не уделяется внимание использованию целостного комплекса показателей эффективности СОБ как компонента аэровокзальной системы обслуживания. Таким образом, тема статьи представляется актуальной.

Функции и структура системы аэровокзального обслуживания вылетающих пассажиров регионального аэропорта

Исследуемая система предназначена для реализации следующих функций, призванных обеспечить безопасность и регулярность перевозок:

- 1) регистрация вылетающих пассажиров;
- 2) оформление, приём и ввод в СОБ с маркировкой и взвешиванием багажа вылетающих пассажиров на этапе регистрации;
- 3) доставка багажа в помещения досмотра и комплектации;
- 4) досмотр зарегистрированного багажа персоналом службы авиационной безопасности (САБ) с использованием рентгено-телевизионных аппаратов (интроскопов);
- 5) повторный досмотр с визуальным контролем персоналом САБ подозрительного багажа для исключения возможности погрузки на воздушное судно (ВС) багажа, содержащего запрещённые к перевозке объекты;
- 6) комплектование багажа по рейсам с погрузкой его в контейнеры или перронные средства транспортировки багажа.

Специфика системы, обусловленная её принадлежностью региональному аэропорту, проявляется в отсутствии необходимости исполнения целого ряда функций, связанных с обслуживанием большой доли трансферных пассажиров; обработкой и хранением многочисленного багажа, сданного заранее на рейсы, на которые комплектование ещё не началось; проведением высокопроизводительного многостадийного досмотра с использованием автоматической досмотровой аппаратуры и высокоскоростных средств транспортировки и сортировки багажа и др.

Функциональные особенности рассматриваемой системы находят отражение в особенностях конструкции входящей в её состав СОБ, используемой для осуществления пяти последних функций из приведённого выше перечня. Для обработки багажа в региональном аэропорту считаются достаточными возможности ленточных конвейеров, обеспечивающих скорость перемещения багажа до 1 м/с. Не только комплектование, но и сортировка багажа выполняется вручную с использованием пластинчатых конвейеров замкнутого контура – «комплектовочных каруселей». Досмотр выполняется не более чем в два этапа (стадии), на первом из которых используется типовое досмотровое оборудование (интроскопы), предполагающее участие человека-оператора.

Всё разнообразие индивидуальных решений современных конвейерных СОБ региональных аэропортов может быть сведено к типовой схеме, представленной на рис.1. Процесс обработки места багажа (МБ), сдаваемого пассажиром под ответственность

перевозчика, начинается взвешиванием и маркировкой у стойки регистрации st и продолжается перемещением на коллекторный конвейер c , служащий для приёма багажа, который поступает с нескольких (N) стоек регистрации. Любую стойку регистрации st_i ($i = 1, \dots, N$) связывает с коллекторным отводящий конвейер d_i и взвешивающий/маркировочный конвейер w_i , на который МБ помещается самим пассажиром при регистрации. Преодолев коллекторный и расположенный далее по направлению движения подводящий к интроскопу транспортный конвейер t' , МБ перемещается на конвейер досмотрового аппарата b . Если в течение времени движения МБ по конвейеру интроскопа b оператор не успевает принять решение о возможности перевозки МБ и, соответственно, не подаёт каких-либо управляющих сигналов, то при приближении МБ к концу ленты интроскопа её движение прекращается. После подачи оператором сигнала движение возобновляется, МБ перемещается на реверсивный конвейер r , способный менять направление движения ленты на противоположное, и, в зависимости от поданного оператором сигнала, МБ либо продолжает движение в зону комплектации по отводящему транспортному конвейеру t'' , либо выводится из потока для проведения досмотра со вскрытием и визуальным контролем. При «снятии подозрения» с повторно досмотренного МБ предусматривается возможность его ввода в СОБ для завершения обработки. Багаж, доставленный транспортным конвейером t'' на комплекточный конвейер s , принимается грузчиками и распределяется по багажным контейнерам или перронным тележкам, в чём и состоит комплектация. Для повышения пропускной способности СОБ возможен монтаж нескольких линий обработки багажа, подобных описанной выше, как связанных между собой, так и независимых.

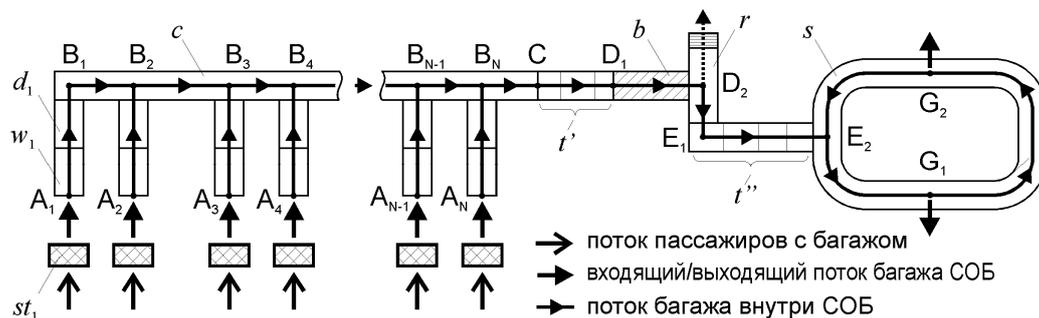


Рис. 1. Структурная схема СОБ, совмещённая с ориентированным графом потоков багажа

Компонентом СОБ является система управления, предназначенная для автоматической реализации алгоритмов управления потоками МБ с использованием системы фотодатчиков и так называемых виртуальных ячеек. Система управления в момент поступления в СОБ каждого МБ программно создаёт в памяти управляющей ЭВМ виртуальную ячейку, в пределах которой на ленте конвейера находится МБ, и следит за движением по конвейерам, исключая опасность столкновения МБ при перемещении.

Случайный характер поступающего потока багажа и процессов его обработки в СОБ приводит к возникновению ситуаций остановки лент конвейеров, не являющихся штатными и позволяющих обеспечить как сохранность багажа и оборудования СОБ, так и приемлемые с точки зрения персонала затраты времени на обработку багажа. Остановка конвейера происходит в случае, если достигшее его конца МБ не может быть перемещено на следующий по направлению движения конвейер, где требуемое место оказывается занятым другим МБ. Остановка одного конвейера может служить причиной остановки другого, предшествующего ему по направлению движения потока багажа, конвейера. Таким образом, длительные задержки в движении багажа на одном

из конвейеров могут привести к остановке ряда конвейеров, а в особо неблагоприятных случаях стать причиной блокировки всей досмотровой линии.

В случае штатной работы элементов СОБ задержки в движении багажа, вызывающие остановки конвейеров, могут возникать при досмотре первой стадии, выполнение которого требует случайных затрат времени и сопряжено с остановками ленты конвейера интроскопа b , способными вызвать остановки также транспортного t' и коллекторного c конвейеров.

Источниками задержек являются также пункты слияния потоков багажа, где к потоку, следующему по одному из конвейеров (главному), добавляется поток, поступающий с примыкающего к главному (второстепенного) конвейера. В указанном смысле коллекторный конвейер c выступает в роли главного по отношению к отводящим конвейерам d_i ($i = 2, \dots, N$), а сортировочный s – по отношению к транспортному t'' .

Остановки в движении багажа в СОБ могут стать причиной задержек в обслуживании пассажиров. При значительной загрузке коллекторного конвейера c багаж, введенный ранее в СОБ и находящийся на отводящем d_i и взвешивающем/маркировочном w_i конвейерах i -го места регистрации, может длительное время ожидать перевода на коллекторный конвейер, не давая возможности пассажирам представить для обработки другие МБ, что приводит к задержкам в обслуживании и очередям пассажиров на регистрации.

Из-за особенностей планировки аэровокзала, а также с целью сокращения потерь времени на остановки МБ в СОБ, конвейеры могут компоноваться из нескольких секций, представляющих собой отдельные ленточные конвейеры. Благодаря этому кратковременная остановка одной или нескольких секций не сказывается на движении потока багажа на секциях, предшествующих остановившимся. По указанным соображениям транспортные конвейеры t' и t'' выполняются состоящими из нескольких (соответственно N' и N'') секций, а у каждой из стоек регистрации устанавливаются по два конвейера (w_i, d_i) или большее их число.

Показатели функциональной эффективности системы аэровокзального обслуживания вылетающих пассажиров регионального аэропорта

Функциональная эффективность системы аэровокзального обслуживания пассажиров рассматривается как её свойство выполнять установленное обслуживание заданного потока вылетающих пассажиров с багажом при соблюдении определённых требований по качеству обслуживания и целевой надёжности. Эффективность системы оценивается целым рядом показателей, каждый из которых представляет собой числовую характеристику системы, позволяющую оценить степень пригодности системы к выполнению поставленных перед ней задач с учётом стохастичности протекающих в системе процессов [6].

Все показатели функциональной эффективности рассматриваемой системы разбиты на три группы, первую из которых составляют показатели производительности, включающие количественные характеристики результатов выполнения системой заданных функций; вторую – показатели качества обслуживания поступивших в систему заявок, понимаемые как количественные характеристики процесса выполнения заданных функций; третью – показатели целевой надёжности, рассматриваемые как вероятности выполнения СОБ заданных функций и соблюдения заданного качества обслуживания при условии безотказного функционирования всех её элементов. Для согласования разнородных тенденций в характере работы системы используются показатели эффективности, содержащие ограничивающие условия. Предлагаемый комплекс

показателей приведён ниже. При его описании использованы обозначения: T^H – случайное время пребывания пассажира на регистрации, включающее время ожидания обслуживания и время обслуживания; T^B – случайное время обработки МБ в терминале – промежуток времени от момента помещения пассажиром МБ на ленту взвешивающего/маркировочного конвейера СОБ до момента помещения МБ в багажный контейнер или на перронную тележку в зоне комплектования багажа.

Группа показателей качества обслуживания включает:

- среднее время пребывания пассажира на регистрации:

$$\bar{T}^H = M[T^H];$$

- среднее время обработки МБ в терминале:

$$\bar{T}^B = M[T^B];$$

- гарантированное с заданной вероятностью π^H время $t_{\pi^H}^{HH}$ пребывания пассажира на регистрации:

$$t_{\pi^H}^{HH} = \min\{t \in \mathbf{R}^+ : P(T^H \leq t) \geq \pi^H\};$$

- гарантированное с заданной вероятностью π^B время $t_{\pi^B}^{BH}$ обработки МБ в терминале:

$$t_{\pi^B}^{BH} = \min\{t \in \mathbf{R}^+ : P(T^B \leq t) \geq \pi^B\}.$$

В состав группы показателей целевой надёжности входят:

- вероятность бесперебойной P^H работы. При определении P^H под сбоем понимается ситуация остановки коллекторного конвейера, вызванной остановками последующих по ходу движения багажа конвейеров, когда ввод МБ в СОБ невозможен;

- вероятность $P_{\tau^H}^H$ соблюдения заданного максимального времени τ^H пребывания пассажира на регистрации:

$$P_{\tau^H}^H = P(T^H \leq \tau^H);$$

- вероятность $P_{\tau^B}^B$ соблюдения заданного максимального времени τ^B обработки МБ в терминале:

$$P_{\tau^B}^B = P(T^B \leq \tau^B).$$

Как следует из приведённых определений, показатели $t_{\pi^H}^{HH}$, $t_{\pi^B}^{BH}$, $P_{\tau^H}^H$, $P_{\tau^B}^B$ являются показателями с ограничивающими условиями. Причём показатели $t_{\pi^H}^{HH}$ и $P_{\tau^H}^H$ являются взаимозаменяемыми: в зависимости от того, какой параметр, π^H или τ^H , задан, используется показатель $t_{\pi^H}^{HH}$ или $P_{\tau^H}^H$ соответственно. Аналогичный подход справедлив и в отношении пары показателей $t_{\pi^B}^{BH}$ и $P_{\tau^B}^B$. Сочетание ограничительных условий и их параметры задаются с учётом норм, установленных стандартами качества конкретного аэропорта.

Для оценки производительности системы используется единственный показатель – пропускная способность S , определяемая как максимальная интенсивность пассажиропотока, которую может обслужить система с приемлемыми уровнями качества обслуживания и целевой надёжности. В зависимости от заданного набора ограничивающих условий выражение для определения пропускной способности может быть представлено в одном из следующих вариантов.

При заданных ограничениях на средние значения показателей качества обслуживания и целевой надёжности величина S определяется как

$$S = \max\{\lambda \in \mathbf{R}^+ : \bar{T}^H \leq \tau^H, \bar{T}^B \leq \tau^B, P^H \geq \pi^H\}.$$

Если заданы ограничения на квантильные значения названных показателей, то

$$S = \max\{\lambda \in \mathbf{R}^+ : t_{\pi^H}^{PI} \leq \tau^H, t_{\pi^B}^{BG} \leq \tau^B, P^H \geq \pi^H\}. \quad (1)$$

При заданных ограничениях на вероятности соблюдения установленных уровней качества обслуживания и целевой надёжности

$$S = \max\{\lambda \in \mathbf{R}^+ : P_{\tau^H}^H \geq \pi^H, P_{\tau^B}^B \geq \pi^B, P^H \geq \pi^H\}. \quad (2)$$

Сравнение выражений (1) и (2) говорит об их равнозначности, поскольку все входящие в (1) неравенства совпадают с неравенствами, входящими в (2), по смыслу, а некоторые из неравенств – и по форме.

Примеры оценки функциональной эффективности модельной системы

Для определения показателей функциональной эффективности системы обслуживания перевозок использована имитационная дискретно-событийная модель, реализованная на базе программного обеспечения имитационного моделирования AnyLogic 6 University. Модельная система характеризуется следующими параметрами: $N = 6$, $N' = 3$, $N'' = 13$. Предполагается, что в неё поступает поток пассажиров интенсивностью λ , обладающий свойствами стационарности и отсутствия последствия, но неординарности из-за того, что пассажиры прибывают на регистрацию не только поодиночке, но и группами. Преобразовать поток в ординарный позволяет предположение о том, что группа совместно проходящих регистрацию пассажиров может рассматриваться в качестве отдельной заявки на обслуживание. В этом случае поток, образованный такими группами и одиночными пассажирами, удовлетворяющий всем необходимым требованиям, может считаться простейшим с интенсивностью $(\lambda \cdot k_r)$, где k_r – коэффициент, учитывающий групповой характер поступления пассажиров ($k_r \leq 1$). Заявки (одиночные пассажиры, либо группы совместно проходящих регистрацию пассажиров) равномерно рассредоточиваются по местам регистрации. Число МБ, принадлежащих пассажирам, образующим заявку, принимается распределённым по закону Пуассона со средним 1,4, что согласуется с результатами обследования пассажиропотоков региональных аэропортов [7]. Время выполнения манипуляций по регистрации и оформлению багажа одной заявки принимается распределённым согласно закону Вейбулла со следующими значениями параметров [7]: параметр сдвига – 0,15 мин, параметр формы – 1,16, параметр масштаба – 0,92. Место регистрации считается освобождёвшимся после обслуживания одиночного пассажира или группы, а пассажир или группа, соответственно, предполагаются прошедшими регистрацию, если по истечении времени $T_{\text{обсл. рег.}}$ все МБ пассажира или группы оказываются введёнными в СОБ. За момент ввода МБ в СОБ принимается момент помещения МБ на ленту взвешивающего/маркировочного конвейера. Предполагается, что на каждом из конвейеров w_i и d_i может находиться не более одного МБ.

Затраты времени на движение МБ в СОБ определяются с учётом скорости движения конвейерных лент и длин участков, соответствующих дугам ориентированного взвешенного графа потоков МБ, приведённого на рис.1. Длина виртуальной ячейки принята равной 1 м. Длины участков приближённо соответствуют СОБ одного из крупных региональных аэропортов РФ:

$$\begin{aligned}
|A_i B_i| &= 2.4 \text{ м}, \quad i = 1, \dots, 6, & |B_1 B_2| &= |B_3 B_3| = |B_5 B_6| = 0.8 \text{ м}, \\
|B_2 B_3| &= |B_4 B_5| = 3.6 \text{ м}, & |B_6 C| &= 1.7 \text{ м}, & |D_1 D_2| &= 4.4 \text{ м}, \\
|CD_1| &= 15 \text{ м}, & |D_2 E_1| &= 1.6 \text{ м}, & |E_1 E_2| &= 56.4 \text{ м}, \\
|E_2 G_1| &= 9.0 \text{ м}, & |G_1 G_2| &= 18.0 \text{ м}, & |G_2 E_2| &= 9.0 \text{ м}.
\end{aligned}$$

Время задержки МБ при прохождении первой стадии досмотра на интроскопе моделируется с помощью показательного распределения с двумя параметрами μ и β и плотностью $f(t)$, определяемой выражением

$$f(t) = \begin{cases} \mu e^{-\mu(t-\beta)}, & t \geq \beta, \\ 0, & t < \beta. \end{cases}$$

Выбор распределения обусловлен особенностями процесса досмотра, состоящими в том, что, во-первых, его наименьшая продолжительность β совпадает с минимальным временем перемещения МБ по ленте конвейера интроскопа и, во-вторых, как установлено наблюдениями, с ростом величины затрат времени на досмотр соответствующая доля МБ сокращается. Вероятность наличия багажа, не прошедшего досмотр на интроскопе и по этой причине выводимого из СОБ, принята равной нулю, что соответствует наиболее напряжённому режиму работы СОБ, когда весь поступивший багаж проходит полный цикл обработки в СОБ.

Моментом окончания обработки МБ является момент окончания его погрузки грузчиком в багажный контейнер или на багажный транспортёр. Согласно результатам наблюдений, приведённым в [3], продолжительность обработки МБ грузчиком – распределённая по однопараметрическому показательному закону случайная величина со средним значением 13 с.

Результаты моделирования получены для промежутка $\lambda \in [100, 410]$ пас/ч значений интенсивности потока пассажиров при $k_r = 0.8$. Рассмотрены два варианта системы, различающиеся скоростью движения лент конвейеров СОБ, составляющей для первого варианта 0,25 м/с, для второго варианта – 0,5 м/с. Первое значение соответствует системам, установленным к настоящему времени в ряде российских региональных аэропортов, второе значение характерно для более производительных перспективных систем. Влияние скорости движения ленты интроскопа на продолжительность досмотра учтено путём задания соответствующих значений параметра β . Для первого варианта принято $\beta = 12$ с, для второго $\beta = 6$ с. Значение второго параметра одинаково для обоих вариантов: $\mu = 0,4$ 1/с. Таким образом, средняя продолжительность первой фазы досмотра МБ составляет 14,5 с – для первого варианта и 8,5 с – для второго варианта и, следовательно, пропускные способности мест досмотра первой фазы близки к 250 МБ/ч и 420 МБ/ч для первого и второго вариантов соответственно. При заданных характеристиках пассажиропотока это означает возможность обработки багажа 220 и 380 пассажиров в час соответственно.

Параметры ограничений приняты с учётом международных требований. Так, согласно нормам ИАТА [8], приемлемое время ожидания пассажирами регистрации может быть оценено в пределах от 1 – 3 мин до 10 – 20 мин в зависимости от класса обслуживания пассажиров. Время пребывания багажа в СОБ не должно превышать 10 мин для 95% МБ в интервалы пиковой нагрузки.

Результаты для первого варианта отображены на рис. 2 штриховыми линиями, для второго варианта – сплошными.

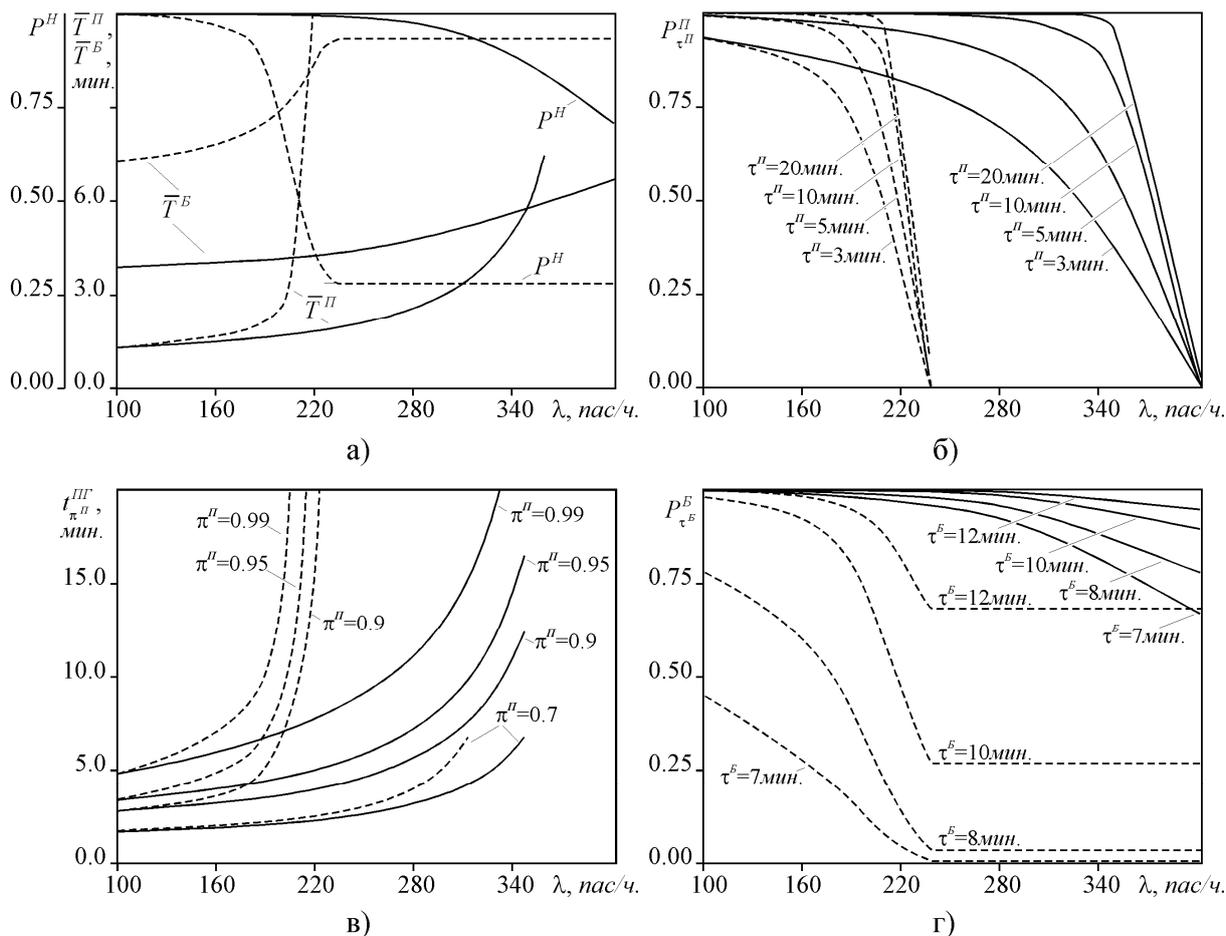


Рис. 2. Результаты моделирования

Вопреки традиционно принимаемому при проектировании СОБ предположению о том, что узким местом системы обслуживания перевозок является досмотр первой стадии, приводимые на рис. 2 результаты показывают, что значения показателей системы снижаются до неприемлемых уровней при интенсивностях пассажиропотоков существенно меньших, чем те, которые определяются исходя только из пропускной способности мест досмотра без учёта возможностей остальных элементов системы.

Так, целевая надёжность системы перестаёт быть сколь-нибудь удовлетворительной при достижении пассажиропотоком уровня 140 – 160 пас/ч для первого варианта и 290 – 300 пас/ч для второго варианта. Дальнейший рост интенсивности пассажиропотока приводит к резкому снижению качества обслуживания пассажиров, соответствующему ситуации неограниченного нарастания очереди пассажиров, ожидающих регистрации. При этом показатели качества обработки багажа стабилизируются на некотором неизменном, хотя и весьма низком уровне, соответствующему режиму, при котором из подсистемы обслуживания пассажиров в подсистему обработки багажа поступает насыщенный, то есть наблюдающийся при бесконечной очереди в первой из подсистем, поток багажа.

Пропускная способность системы, определённая согласно (1), (2) при $\pi^H = 0,995$, $\pi^H = 0,99$, $\pi^B = 0,95$, $\tau^H = \tau^B = 10$ мин, для первого варианта составила $S \approx 130$ пас/ч, для второго варианта $S \approx 230$ пас/ч. Для обоих вариантов критическим стало ограничение по целевой надёжности. Смягчение требований по целевой надёжности до

$\pi^H = 0,95$ позволяет «поднять» пропускную способность первого варианта до уровня $S \approx 180$ пас/ч, второго варианта $S \approx 270$ пас/ч. При этом критическими становятся ограничения: для первого варианта – по времени обработки багажа, для второго – по времени пребывания в системе пассажира (группы пассажиров). Таким образом, учёт взаимодействия между компонентами рассматриваемой системы приводит к существенной коррекции представлений о её функциональной эффективности.

Заключение

Использование рассмотренных показателей даёт возможность не только комплексно оценивать функциональное совершенство системы обслуживания перевозок в аэровокзале регионального аэропорта, но и решать задачи проектирования и оптимизации её структуры и параметров. Совершенствование математических моделей рассматриваемой системы позволит расширить комплекс показателей, дополнив его необходимыми характеристиками технической надёжности, экономической эффективности и др.

Библиографический список

1. Tarau A.N., De Schutter B., Hellendoorn J. Centralized, decentralized, and distributed model predictive control for route choice in automated baggage handling systems // Control Engineering and Applied Informatics. 2009. V. 11, Iss. 3. P. 24-31.
2. Le V.T., Creighton D., Nahavandi S. Simulation-based Input Loading Condition Optimization of Airport Baggage Handling Systems // IEEE Intelligent Transportation Systems Conference. 2007. P. 574-579. DOI: 10.1109/itsc.2007.4357773
3. Savrasovs M., Medvedev A., Sincova E. Riga Airport Baggage Handling System simulation // Proceedings 23rd European Conference on Modeling and Simulation. 2009. P. 384-390. DOI: 10.7148/2009-0384-0390
4. Романенко В.А. Математическая модель автоматической системы обработки багажа аэропорта со значительными трансферными пассажиропотоками // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 6. С. 126-133.
5. Jing G.G., Arantes J.C., Kelton W.D. Robust Analysis via Simulation for a Merging-Conveyor Queueing Model. <http://www.cba.uc.edu/faculty/keltonwd/paper-mergingconveyors.pdf>
6. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. М.: Советское радио, 1973. 440 с.
7. Романенко В.А. Исследование процессов обслуживания пассажиров в международном аэропорту Курумоч // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2006. № 3 (11). С. 35-43.
8. Airport Development Reference Manual. Montreal: International Air Transport Association, 2014. 724 p.

ESTIMATION OF FUNCTIONAL EFFICIENCY OF THE AIR TRANSPORT SERVICE SYSTEM AT A REGIONAL AIRPORT TERMINAL

© 2017

I. V. Koltsov senior lecturer of the Department of Transportation Management and Control; Samara National Research University, Samara, Russian Federation; kolt2721@gmail.com

V. A. Romanenko Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of the Department of Transportation Management and Control; Samara National Research University, Samara, Russian Federation; vla_rom@mail.ru

The paper presents a transport service system located at the air terminal of a regional airport and designed to perform working operations related to the check-in of departing passengers and baggage handling. A complex of indicators of the system's functional efficiency is proposed. It consists of quantitative characteristics of performance, reliability and quality of service. These parameters can be determined by the widely used methods of mathematic modeling, primarily, simulation modeling. The results of evaluating the efficiency of a model system similar to the modern systems of Russian regional airports are presented.

Regional airport; baggage handling system; indicators of system efficiency; simulation model.

Citation: Koltsov I.V., Romanenko V.A. Estimation of functional efficiency of the air transport service system at a regional airport terminal. *Vestnik of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering*. 2017. V. 16, no. 3. P. 55-64. DOI: 10.18287/2541-7533-2017-16-3-55-64

References

1. Tarau A.N., De Schutter B., Hellendoorn J. Centralized, decentralized, and distributed model predictive control for route choice in automated baggage handling systems. *Control Engineering and Applied Informatics*. 2009. V. 11, Iss. 3. P. 24-31.
2. Le V.T., Creighton D., Nahavandi S. Simulation-based Input Loading Condition Optimization of Airport Baggage Handling Systems. *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*. 2007. P. 574-579. DOI: 10.1109/itsc.2007.4357773
3. Savrasovs M., Medvedev A., Sincova E. Riga Airport Baggage Handling System simulation. *Proceedings 23rd European Conference on Modeling and Simulation*. 2009. P. 384-390. DOI: 10.7148/2009-0384-0390
4. Romanenko V.A. Mathematical model of automatic baggage handling system of the airport with significant volumes of transfer passenger traffic. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2011. V. 13, no. 6. P. 126-133. (In Russ.)
5. Jing G.G., Arantes J.C., Kelton W.D. Robust Analysis via Simulation for a Merging-Conveyor Queueing Model. Available at: <http://www.cba.uc.edu/faculty/keltonwd/paper-mergingconveyors.pdf>
6. Buslenko N.P., Kalashnikov V.V., Kovalenko I.N. *Lektsii po teorii slozhnykh system* [Lectures on the complex systems science]. Moscow: Sovetskoe Radio Publ., 1973. 440 p.
7. Romanenko V.A. Analysis of servicing passengers in the international airport Kurovotch. *Vestnik of the Samara State Aerospace University*. 2006. No. 3 (11). P. 35-43. (In Russ.)
8. Airport Development Reference Manual. Montreal: International Air Transport Association, 2014. 724 p.