

## Моделирование процесса управления уровнем авиационной безопасности аэропортов

В. А. Темников

Национальный авиационный университет, Киев, Украина  
Corresponding author. E-mail: temnikov\_v@ukr.net

Paper received 09.12.17; Revised 12.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-10>

**Аннотация.** Уровень авиационной безопасности аэропорта существенно зависит от состояния системы «Служба авиационной безопасности (САБ) – субъекты, совершающие акты незаконного вмешательства в деятельность аэропортов» и функционального состояния сотрудников САБ. Поэтому повышение безопасности аэропортов может быть достигнуто лишь при системном применении организационных мер и мер, направленных на снижение влияния человеческого фактора на эффективность деятельности САБ. В статье приведены модели процессов проактивного и адаптивного управления уровнями состояния указанной системы и сотрудников САБ, являющиеся основой моделирования процесса управления уровнем авиационной безопасности аэропортов.

**Ключевые слова:** авиационная безопасность, аэропорт, служба авиационной безопасности, функциональное состояние, психофизиологический ресурс.

**Введение.** Анализ аналитических материалов свидетельствует о неудовлетворительном состоянии авиационной безопасности в целом ряде аэропортов мира, что проявляется в неспособности предотвратить террористические акты. Это обуславливает актуальность решения задачи повышения уровня авиационной безопасности аэропортов.

Авиационная безопасность аэропорта существенно зависит от эффективности работы службы авиационной безопасности (САБ), которая в значительной степени зависит от правильности действий ее сотрудников и обоснованности решений лиц, принимающих решения по организации деятельности САБ [1,2]. Поэтому повышение безопасности аэропортов может быть достигнуто лишь при системном применении организационных мер и мер, направленных на снижение влияния человеческого фактора на безопасность.

В качестве основных направлений повышения безопасности аэропортов выделим следующие:

1. Повышение эффективности (качества организации) работы САБ по противодействию актам незаконного вмешательства в деятельность аэропорта.

2. Повышение эффективности противодействия угрозам, обусловленным человеческим фактором (ненадлежащим функциональным состоянием сотрудников аэропортов, от действий которых зависит безопасность); заметим при этом, что это же относится и к диспетчерам управления воздушным движением, чьи непреднамеренные ошибки могут стать причиной авиапроисшествий, т.е. отрицательно сказаться на безопасности полетов воздушных судов.

Повышение эффективности работы САБ может быть достигнуто на основе моделирования сложной системы «САБ – субъекты, совершающие акты незаконного вмешательства в деятельность аэропорта (САНВ)».

Основными путями повышения эффективности противодействия угрозам, обусловленным человеческим фактором, являются:

- повышение эффективности работы служб, оценивающих способность и готовность сотрудников аэропортов выполнять профессиональные (должностные) обязанности, а также осуществляющих контроль доступа сотрудников на их рабочие места и предотвращающих доступ на рабочие места несанкционированных лиц и лиц, находящихся в ненадлежащем функциональном (физическом, психофизиологическом или др.) состоянии;

- повышение эффективности контроля функционального состояния сотрудников аэропорта в течение рабочей смены и его коррекция в случае нахождения человека в ненадлежащем состоянии.

В статье приведены разработанные в процессе проведения исследований модели, лежащие в основе разработанных автором методов повышения эффективности и качества проактивного управления деятельностью (состоянием) САБ, способностью и готовностью человека выполнять профессиональные обязанности, а также методов повышения эффективности и качества адаптивного управления функциональным состоянием человека в течение рабочей смены.

Применение разработанных моделей и методов позволяет осуществлять коррекцию функциональных состояний систем «САБ-САНВ» и сотрудников САБ и таким образом управлять текущим состоянием авиационной безопасности аэропорта.

**Моделирование процесса проактивного управления состоянием системы «САБ-САНВ».** Проактивное управление состоянием системы «САБ-САНВ» осуществляется на основе расчета вероятностей перехода системы из состояния защищенности в другие состояния, в которых может оказаться система вследствие совершения злоумышленниками актов незаконного вмешательства в деятельность аэропорта. Количество состояний системы «САБ-САНВ» определяется структурой САБ. Для оценки эффективности работы различных подразделений САБ могут быть выбраны, например, такие состояния: состояние нарушения пропускного режима (при несанкционированном проникновении злоумышленника в контролируемую зону), состояние нарушения внутриобъектового режима (при проведении злоумышленником несанкционированных действий в контролируемой зоне), состояние захвата аэропорта или воздушного судна.

Для построения модели системы «САБ-САНВ» были проанализированы процессы в каждой ее подсистеме и разработана схема сопряжения подсистем, исходя из способа их взаимодействия при решении задач, стоящих перед САБ.

Исходные предположения, характеризующие взаимодействие элементов системы «САБ-САНВ»:

1. Инициатором взаимодействия САБ и САНВ являются злоумышленники – от них исходит угроза безопасности. Совокупность САНВ рассматривается как многоэлементная система, объединенная единством цели –

успешным завершением акта незаконного вмешательства в деятельность аэропорта.

2. Подсистемы САБ, вступая во взаимодействие со злоумышленниками, действуют автономно, при этом результат взаимодействия одной подсистемы не всегда должен (может) быть положительным, при этом единственный отрицательный результат взаимодействия САБ и злоумышленников не является его завершающим актом.

3. Переходы системы из одного состояния в другое обусловлены проявлением ряда факторов (совокупностью угроз), которые рассматриваются как поток событий, следующих в случайные моменты времени. Так как вероятность одновременного наступления двух или более событий значительно меньше, чем одного, то поток событий будем считать ординарным. Поток событий не является лавинообразным.

При принятии указанных предположений вероятность появления какого-либо события на определенном интервале времени можно считать независимой от числа событий на других интервалах времени, т.е. поток событий можно считать пуассоновским потоком без последствия и описывать известным в теории вероятностей распределением Пуассона [3].

Будем предполагать, что все вероятностные характеристики событий для любого момента времени определяются только этим моментом времени и не зависят от предыстории. Это свойство вместе с конечностью числа состояний системы позволяет утверждать, что исследуемый процесс является Марковским случайным процессом.

Задача состоит в том, чтобы определить вероятности  $P_0(t)$ ,  $P_1(t)$ , ...,  $P_n(t)$  нахождения системы (или ее подсистемы) в том или ином состоянии как функции времени.

В качестве модели системы «САБ-САНВ» предлагается графовая модель, описывающая систему через ее возможные состояния и переходы из одного состояния в другое. Математической формализацией модели является система дифференциальных уравнений Колмогорова [3] относительно вероятностей  $P_0(t)$ ,  $P_1(t)$ , ...,  $P_n(t)$ . Решить указанную систему можно путем перехода к задаче Коши и применения преобразований Лапласа или численных методов.

Количественное решение системы дифференциальных уравнений Колмогорова возможно при условии достаточного количества статистических данных о вероятности перехода системы из одного состояния в другое. Однако, в настоящее время такая информация отсутствует, что делает решение задачи с применением прямых статистических методов невозможным.

Для получения статистических данных, необходимых для решения уравнений Колмогорова (определения вероятностей переходов системы «САБ-САНВ» из одного состояния в другие), разработаны квалиметрические модели эксплуатационных процедур, выполняемых сотрудниками САБ, применение которых позволяет рассчитывать вероятности, необходимые для решения уравнений Колмогорова, на основе экспертных оценок.

На основе предложенной модели разработан метод количественной оценки уровня авиационной безопасности аэропортов, применение которого дает возможность управлять авиационной безопасностью, что, в свою очередь, позволяет повысить эффективность работы САБ.

**Моделирование процесса адаптивного управления функциональным состоянием сотрудников САБ в**

**течение рабочей смены.** Повысить авиационную безопасность аэропортов на основе снижения влияния человеческого фактора предлагается путем управления функциональным состоянием сотрудников аэропортов, в первую очередь – сотрудников САБ, в течение рабочей смены.

Работу системы управления функциональным состоянием сотрудников аэропортов предлагается представлять в виде модели системы адаптивного управления, включающей две подсистемы: управляющую систему и объект управления [4]. Объектом управления является человек, а управляющей системой – организационно-техническая система формирования уровня его работоспособности.

Решение проблемы эффективного управления работоспособностью человека находится в области управления его состояниями и заключается в повышении качества управляющих воздействий.

На вход объекта управления подаются информационная и физическая нагрузки, которые воздействуют на человека в течение смены. При этом рассчитываются значения параметра, характеризующего функциональное состояние человека (готовность человека продолжать выполнять профессиональные обязанности). Эти значения сравниваются с приемлемыми (допустимыми) значениями, которые регламентируются нормативными требованиями к работоспособности человека в различных ситуациях и условиях труда.

Отклонение значений указанного параметра от допустимых значений рассматривается как критерий работоспособности, который позволяет оценить готовность сотрудника САБ выполнять профессиональные обязанности. В качестве такого критерия предлагается ввести новый показатель – психофизиологический ресурс (ПФР), определяемый на основе оценивания состояния сердечно-сосудистой системы человека. Известно, что состояние сердечно-сосудистой системы является интегральной характеристикой, позволяющей оценить состояние регуляторных систем организма человека и его адаптационные возможности.

В настоящее время наиболее информативным неинвазивным методом количественной оценки функционального состояния организма человека признано определение variability сердечного ритма – изменчивости продолжительности интервалов последовательных циклов сердечных сокращений за определенные промежутки времени [5,6].

Предлагается в качестве показателя готовности человека выполнять профессиональные обязанности применять «индекс напряжения», предложенный проф. Баявским Р.М. [5]. Этот показатель предлагается использовать для характеристики ПФР перед началом смены и при анализе изменений функционального состояния человека в течение смены.

Индекс напряжения регуляторных систем (ИН) человека определяется по электрокардиограмме путем измерения variability сердечного ритма. В норме ИН колеблется в пределах 80-150 условных единиц.

В течение смены на работоспособность сотрудника САБ оказывают отрицательное влияние случайные непредвиденные воздействия (стрессовые нагрузки, климатические и другие условия, в которых работают сотрудники аэропорта). При воздействии стрессовых нагрузок этот показатель у сотрудников САБ – людей со здоровой сердечно-сосудистой системой – может повышаться до

200-300, причем, чем выше этот показатель, тем сильнее уровень стресса.

В реальных условиях работа человека в течение смены сопровождается изменением его состояния. Это может быть связано с утомлением человека, спонтанными изменениями его физического и эмоционального состояния, другими причинами. Изменение внутреннего состояния объекта управления (параметров, характеризующих изменение ПФР человека в течение смены) обуславливает актуальность разработки модели системы управления, учитывающей эти изменения.

Модель, учитывающая изменения внутреннего состояния человека – объекта управления, имеет вид:

$$M = \{X, A_x, Y, B_y, S, T, \alpha, \beta\}, (1)$$

где  $X$  – множество значений входных параметров;  $A_x$  – пространство функций, описывающих входные воздействия;  $Y$  – множество значений выходных параметров;  $B_y$  – пространство функций, описывающих изменение во времени значений выходных параметров,  $S$  – множество значений переменных параметров, характеризующих функциональное состояние человека,  $T$  – упорядоченное множество моментов времени,  $\alpha$  – функция, характеризующая зависимость элементов множества состояний человека от входных параметров (информационной и физической нагрузок) и исходных данных, полученных во время предсменного медицинского и психофизиологического контроля сотрудников САБ;  $\beta$  – выходная функция, характеризующая зависимость элементов множества  $Y$  от значений входных параметров и внутреннего состояния человека.

Разработанная модель является основой для построения метода повышения качества контроля за действиями сотрудников САБ в течение рабочей смены со стороны лиц, принимающих управленческие решения.

Суть адаптивного управления уровнем авиационной безопасности аэропорта с применением разработанной модели состоит в одновременном проведении мониторинга, прогнозирования и управления функциональным

состоянием человека.

Прогнозирование изменения функционального состояния сотрудника САБ в течение смены предлагается проводить на основе моделирования его функциональной деятельности в различных ситуациях на тренажерах. Тестовые воздействия при работе сотрудника САБ на тренажерах выбираются такими, чтобы можно было однозначно определить реакцию человека (степень изменения его функционального состояния) в реальных практических ситуациях (при реальных информационных, физических и стрессовых воздействиях).

Разработанная модель адаптивного управления функциональным состоянием человека является основой для создания управляемого процесса формирования психофизиологического ресурса сотрудников САБ, повышения степени их готовности выполнять профессиональные обязанности, а следовательно и уровня авиационной безопасности аэропорта.

**Выводы.** В статье приведены модели процессов проактивного и адаптивного управления функциональными состояниями системы «САБ-САНВ» и сотрудников САБ, разработанные в процессе исследования зависимости уровней авиационной безопасности аэропортов от различных внешних и внутренних факторов и являющиеся основой построения метода управления уровнем авиационной безопасности аэропортов.

Применение разработанных моделей позволяет повысить авиационную безопасность аэропортов на основе:

- повышения эффективности (качества) контроля уровней способности и готовности сотрудников САБ выполнять профессиональные обязанности;
- повышения качества контроля за действиями сотрудников САБ в течение рабочей смены;
- повышения информированности руководителей и других лиц, принимающих решения о соответствии функционального состояния сотрудников требуемому (приемлемому) уровню.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Doc 8973/9 «Руководство по авиационной безопасности» // Международная организация гражданской авиации, изд.9. – 2014. – 818 с.
- [2] Doc 9808 «Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации» // Международная организация гражданской авиации. – 2002. – 120 с.
- [3] Вентцель А. Д. Курс теории случайных процессов. – М.: Наука, 1996. – 400 с.
- [4] Таран Т.А., Зубов Д.А. Искусственный интеллект. Теория и приложения. Луганск: Изд-во Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля, 2006. – 240 с.
- [5] Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984. – 220 с.
- [6] Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. – 265 с.

#### REFERENCES

- [1] Doc 8973/9 «Aviation Security Manual» // International Civil Aviation Organization. – 2014. – 818 p.
- [2] Doc 9808 «Human factors in civil aviation security operations» // International Civil Aviation Organization. – 2002. – 120 p.
- [3] Wentzel A. D. Course of the theory of random processes. – Moscow: Nauka, 1996. – 400 p.
- [4] Taran T.A., Zubov D.A. Artificial Intelligence. Theory and applications. Lugansk: Publishing house of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2006. – 240 p.
- [5] Bayevsky R.M., Kirillov O.I., Kletskin S.Z. Mathematical analysis of heart rate changes under stress. Moscow: Nauka, 1984. – 220 p.
- [6] Bayevsky R.M., Berseneva A.P. Assessment of the adaptive capabilities of the body and the risk of developing diseases. Moscow: Medicine, 1997. – 265 p.

#### Modeling of the aviation security management process at the airport

V. A. Temnikov

**Abstract.** Aviation security level of the airport depends substantially on the state of "Aviation Security Service - subjects who commit acts of unlawful interference with the airports' systems" and the functional state of security officers. Therefore the improvement of airport security can be achieved only with the systemic application of organizational measures and measures aimed at reducing the human factor impact on the effectiveness of the aviation security service. The article presents models of processes of proactive and adaptive management of the levels of the state of the system and security officers, which are the basis for modeling of the aviation security management process at the airport.

**Keywords:** aviation security, airport, aviation security service, functional state, psychophysiological resource.