

УДК 626.735.33
DOI: 10.26467/2079-0619-2017-20-6-36-43

ИНТЕГРАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

Л.Н. ЕЛИСОВ¹, Н.И. ОВЧЕНКОВ²

¹Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Россия

²Ярославский государственный университет, г. Ярославль, Россия

В работе представлен авторский взгляд на одну из важнейших проблем деятельности гражданской авиации в современных условиях – проблему обеспечения авиационной безопасности объектов гражданской авиации. Авиационную безопасность авторы понимают в терминах определения, приведенного в Воздушном кодексе. Поскольку введенный относительно недавно термин «транспортная безопасность» принципиально не противоречит термину «авиационная безопасность» в части, касающейся деятельности гражданской авиации, авторы считают возможным использовать исключительно термин «авиационная безопасность».

Предлагается оригинальный подход авторов к функционально-сущностному пониманию безопасности воздушного транспорта. Подход основан на анализе достаточно новых терминов, связанных с безопасностью, которые до сих пор не применялись при исследованиях безопасности воздушного транспорта, а именно: безопасность личности, единая безопасность и неделимая безопасность. В результате проведенного исследования авторы предлагают новый термин: интегральная безопасность воздушного транспорта, дается определение понятия интегральная безопасность, проводится структуризация понятия и представлен анализ функциональных связей элементов структуры.

Представлена постановка задачи моделирования безопасности (опасности) объекта защиты в формате гипотетического поля, отображающего некоторое состояние среды как пространство безопасности. Показано, что методология исследования интегральной безопасности сводится к оценке уровня безопасности и решения вопроса о его приемлемости, для чего необходимо решить проблемы формализации и моделирования. Авторы полагают, что из того множества методов, которые предлагает теория поля, наиболее адекватным для формализации является математический аппарат теории краевых задач, которые описываются системой дифференциальных уравнений в частных производных.

Ключевые слова: авиационная безопасность, интегральная безопасность воздушного транспорта, понятийный аппарат, формализация, моделирование, краевая задача, дифференциальные уравнения в частных производных.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях существования человеческого сообщества безопасность отдельного индивидуума или социальной группы людей становится одним из главных факторов жизнедеятельности человека, доминирующим критерием функционирования сложных систем, обеспечивающих комфортные условия его жизни и профессиональной деятельности.

Безопасность – многозначное понятие, характеризующее защищенность и низкий уровень риска для человека, общества или любых других субъектов, объектов или их систем. Это такое состояние сложной системы, когда действие внешних и внутренних факторов не приводит к ухудшению системы или невозможности ее функционирования и развития [1].

Особую значимость имеет безопасность в транспортной сфере, и в особенности в области воздушного транспорта, поскольку отсутствие таковой или ее недостаточный уровень резко снижает востребованность транспортных услуг и ставит под сомнение существование и развитие отрасли. Поэтому проблема обеспечения безопасности воздушного транспорта возникла одновременно с формированием гражданского воздушного флота как отрасли, обеспечивающей воздушные перевозки. При этом все проблемы гражданской авиации, связанные с безопасностью, рассматривались в рамках безопасности полетов. В дальнейшем это понятие трансформировалось и возникли новые направления, связанные с безопасностью в различных сферах производственной деятельности в гражданской авиации.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На современном этапе развития гражданской авиации требования по обеспечению безопасности воздушного транспорта существенно возросли и функционально трансформировались, что неотвратимо ставит задачу принципиального переосмысливания и пересмотра проблем, задач и подходов к их решению с точки зрения соответствия новым реальностям. Отметим несколько принципиально важных моментов.

Стратегия национальной безопасности РФ до 2020 года [2] вводит понятие безопасность личности, под которой понимается такое состояние и условия жизни личности, при которых реализуются ее права и свободы, прежде всего право на жизнь и личную неприкосновенность. При этом в качестве основных угроз безопасности личности отмечаются: негативное состояние отечественной безопасности, угроза криминализации общественных отношений, рост организованных форм преступности, ухудшение экологической ситуации в стране, риск технических катастроф.

В международно-правовой сфере широко используются понятия «единой» и «неделимой» безопасности, которые связаны с обеспечением государственной безопасности [3]. В данном случае эти понятия используются в отношении субъектов безопасности, под которыми понимаются различные государства, и определяют их взаимную обусловленность.

Анализ понятий «безопасность личности», «единая безопасность» и «неделимая безопасность» применительно к гражданской авиации дает несколько неожиданный и интересный результат. Дело в том, что на сегодняшний день в авиационной транспортной системе фигурируют и используются несколько видов безопасности, различающихся с точки зрения понятийного аппарата, функциональной принадлежности, предметной области применимости, методов, средств и процедур исследования. Основными из них являются: безопасность полетов, авиационная безопасность, транспортная безопасность, промышленная безопасность, производственная безопасность, экологическая безопасность, информационная безопасность, экономическая безопасность и некоторые другие (рис. 1).



Рис. 1. К вопросу об интеграции безопасности воздушного транспорта
Fig. 1. To the question of the integration of air transport security

Каждая из них имеет прямое отношение к безопасности личности, но парадокс состоит в том, что достижение приемлемого уровня, например, безопасности полетов, абсолютно не гарантирует приемлемого уровня безопасности личности, если, например, не удастся достичь приемлемого уровня авиационной безопасности.

Это справедливо по отношению к любому типу безопасности, правда, в различной степени. В таком случае становится актуальным понятие «единая и неделимая безопасность».

На основании вышеизложенного авторы предлагают ввести новое понятие «интегральная безопасность воздушного транспорта». Тогда появляется новое научное направление, включающее совокупность исследований, ориентированных на идентификацию нового понятия и разработку принципов, стратегии и методологии исследования новой предметной области (рис. 1).

Интегральная безопасность воздушного транспорта – это такое состояние авиационной транспортной системы, которое гарантирует приемлемый уровень безопасности личности в условиях реализации исчерпывающего перечня авиационных услуг и авиационных работ.

Если согласиться с предложенной трактовкой понятия интегральная безопасность, то с целью дальнейшего его совершенствования и развития нового научного направления необходимо решить несколько принципиальных вопросов.

1. Предметная область нового научного направления включает: совокупность объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств; совокупность угроз в отношении их безопасности и субъектов реализации этих угроз; совокупность средств, методов и форм обеспечения безопасности во всем многообразии их структурного, функционального, информационного и других различий [4]. Поскольку понятие интегральная безопасность в своем содержательном смысле базируется на всех этих совокупностях, возникает проблема идентификации понятия через некоторое пространство состояний гипотетической среды, отражающей эти совокупности. На данном этапе нашего понимания этой среды, в качестве ее отображения можно воспользоваться аппаратом теории поля. Авторы предлагают безопасность личности отождествить с некоторым полем безопасности. В таком случае правомочно ввести гипотетические поля угроз и защиты. Тогда появляется триада гипотетических полей, результатом взаимодействия которых является интегральная безопасность. Такая интерпретация интегральной безопасности нам представляется вполне правомочной, поскольку само понятие безопасность является гипотетическим и все исследования в области безопасности осуществляются на уровне умозрительных представлений.

2. Методология изучения безопасности в конечном итоге как результат сводится к оценке уровня безопасности и решения вопроса о его приемлемости. При переходе к интегральной безопасности для решения вопроса о ее приемлемом уровне необходимо разработать методологию оценочных процедур, для чего необходимо решить проблемы формализации и моделирования (рис. 2).

3. Авторы полагают, что из того множества методов, которые предлагает теория поля, наиболее адекватным для формализации является метод, основанный на теории краевых задач, которые описываются системой дифференциальных уравнений в частных производных. Теория краевых задач достаточно хорошо проработана и предлагает широкий выбор методов моделирования и решения для различных условий реализации предметной области.

Краевая задача для дифференциальных уравнений в частных производных – это задача получения решения в заданной области при заданных дополнительных ограничениях в точках границы (краевых или граничных условиях) [5, 6, 7].

Краевая задача для линейного уравнения n -го порядка имеет вид

$$L(y) = f(x), U_{\mu}(y) = \gamma_{\mu}, \mu = 1, 2, \dots, m,$$

где $L(y) = \sum_{v=0}^n f_v(x)y^{(v)}$.

Смешанная (краевая) задача для уравнения гиперболического типа – это задача нахождения функции $u(x, t) \in C^2(Q_{\infty}) \cap C^1(\bar{Q}_{\infty})$, удовлетворяющей уравнению

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \operatorname{div}(p \operatorname{grad} u) - qu + F(x, t), (x, t) \in Q_{\infty},$$

начальным условиям

$$u|_{t=0} = u_0(x), \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = u_1(x), x \in \bar{G}$$

и граничному условию

$$\alpha u + \beta \frac{\partial u}{\partial n} |_{S} = 0.$$

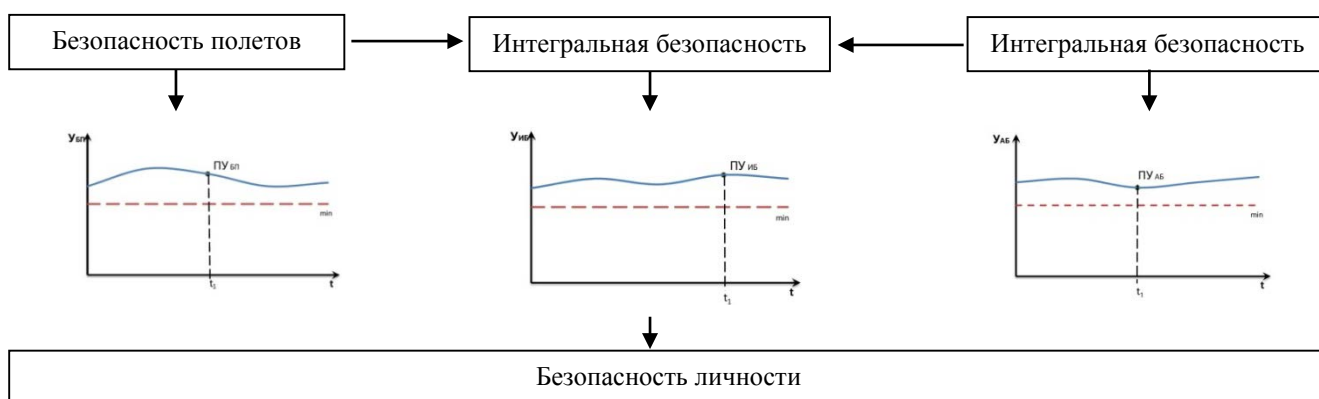


Рис. 2. К вопросу о безопасности личности
Fig. 2. To the question of a person's security

Смешанная (краевая) задача для уравнения параболического типа состоит в нахождении функции $u(x, t) \in C^2(Q_\infty) \cap C^1(\bar{Q}_\infty)$, $\text{grad}_x u \in C(\bar{Q}_\infty)$, удовлетворяющей уравнению

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \text{div}(p \text{ grad } u) - qu + F(x, t), (x, t) \in Q_\infty,$$

начальному условию

$$u|_{t=0} = u_0(x), x \in \bar{G}$$

и граничному условию

$$\alpha u + \beta \frac{\partial u}{\partial n} = v(x, t), (x, t) \in S \times [0, \infty).$$

Для уравнений эллиптического типа известны следующие краевые задачи [8]:
– трехмерное уравнение Лапласа

$$\Delta u = 0. \text{ Область } G \in \mathbb{R}^3 \text{ такова, что } G_1 = \mathbb{R}^3 \setminus G;$$

– внутренняя задача Дирихле:

найти гармоническую в области G функцию $u \in C(\bar{G})$, принимающую на границе S заданные (непрерывные) значения u_0 ;

– внешняя задача Дирихле:

найти гармоническую в области G_1 функцию $u \in C(\bar{G}_1)$, принимающую на S заданные (непрерывные) значения u_0^+ и обращающуюся в нуль на бесконечности;

– внутренняя задача Неймана:

найти гармоническую в области G функцию $u \in C(\bar{G})$, имеющую на S заданную (непрерывную) правильную нормальную производную u_1^- ;

– внешняя задача Неймана:

найти гармоническую в области G_1 функцию $u \in C(\bar{G}_1)$, имеющую на S заданную (непрерывную) правильную нормальную производную u_1^+ и обращающуюся в нуль на бесконечности.

Аналогичные краевые задачи ставятся для уравнения Пуассона [7, 9]: $\Delta u = -f$.

Таким образом, математический аппарат теории краевых задач содержит практически исчерпывающий перечень математических моделей для формального представления различных физических процессов, в том числе в теории поля.

Ниже представлены некоторые подходы к аналитическому решению краевых задач. Запишем дифференциальное уравнение в оперативном виде

$$A(\varphi) = p \text{ в области } \Omega,$$

где A – линейный дифференциальный оператор.

Решение уравнения должно удовлетворять операторным краевым условиям

$$B(\varphi) = r \text{ на границе } \Gamma.$$

В большинстве случаев аналитические методы решения краевых задач имеют ограниченное применение. В таком случае используются численные методы. Наиболее эффективным методом решения краевых задач на современном этапе следует считать сеточное и нейросетевое моделирование [10, 11, 12].

Возвращаясь к понятию неделимость безопасности, являющемуся одним из базовых понятий интегральной безопасности, прежде всего необходимо решить проблему комплексов отдельных видов безопасностей. Интуитивно понятно, что каждая безопасность в предложенном выше перечне однозначно связана с понятием интегральная безопасность, но характер этих связей далеко не определен. Более того, вероятно существуют определенные взаимосвязи между ними, характер которых также нуждается в идентификации. Таким образом, возникает проблема глубокого исследования содержательного смысла выделенных безопасностей и разработки их адекватной проекции на формальное отображение интегральной безопасности (рис. 2). Авторы полагают, что единой платформой здесь может быть информационная составляющая, представляемая через некоторое пространство множеств. Математический аппарат теории множеств в данном случае хорошо стыкуется с аппаратом теории поля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Понятно, что перечень вопросов, с одной стороны, должен быть существенно расширен, с другой, каждый ответ требует достаточно глубокого исследования. Авторы полагают, что в рамках данной работы можно ограничиться рассмотренными вопросами, однако главный вывод состоит в том, что интегральная безопасность должна быть базовым понятием теории безопасности воздушного транспорта.

Важно отметить, что предлагаемый подход безальтернативен, поскольку другого пути в направлении создания теории безопасности воздушного транспорта просто нет, а вопрос о необходимости создания теории не обсуждается, в противном случае наступит время, когда приемлемый уровень безопасности воздушного транспорта потребует ресурсов, соизмеримых с ресурсами всей авиационной транспортной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Заплатинский В.М.** Терминология науки о безопасности // Zbornik prispevkov z mednarodnev vedeckejkonferencie «Bezhecnostnaveda a bezpecnstnev z delanie». Liptovsky Mikulas: AOSL iptovskomVikulasi, 2006.
2. Стратегия национальной безопасности РФ до 2020 года. Указ Президента РФ от 12 мая 2009 г. № 537. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/95521> (дата обращения 9.09.2017).
3. Федеральный закон в области обеспечения транспортной безопасности. ФЗ от 9 февраля 2007 года № 16-ФЗ «О транспортной безопасности». URL: <http://base.garant.ru/12151931> (дата обращения 9.09.2017).
4. **Елисов Л.Н., Овченков Н.Н., Фадеев Р.С.** Введение в теорию авиационной безопасности / под. ред. Л.Н. Елисова. Ярославль: Филигрань, 2016. 320 с.
5. **Елисов Л.Н., Овченков Н.Н.** Авиационная безопасность как объект математического моделирования // Научный Вестник МГТУ ГА. 2017. Т. 20, № 03, С. 13–20.
6. **Елисов Л.Н.** К вопросу о точности эвристических алгоритмов при решении оптимизационных задач в эксплуатации // Научный Вестник МГТУ ГА. 2012. № 179. С. 123–126.
7. **Горбаченко В.И.** Нейрокомпьютеры в решении краевых задач теории поля: уч. пособие для вузов. М.: Радиотехника, 2003. 336 с.
8. **Елисов Л.Н., Овченков Н.Н.** Некоторые вопросы сеточного и нейросетевого моделирования задач управления авиационной безопасностью аэропорта // Научный Вестник МГТУ ГА. 2017. Т. 20. № 03. С. 21–29.
9. **Фарлоу С.** Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров. М.: Мир, 1985. 384 с.
10. **Овченков Н.И., Елисов Л.Н.** Оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств в гражданской авиации // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 204. С. 65–68.
11. **Каллан Р.** Основные концепции нейронных сетей. М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. 288 с.
12. **Елисов Л.Н.** Методология и средства квалиметрии инженерно-технического состава гражданской авиации: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М., 1995.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Елисов Лев Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ ГА, lev.el@list.ru.

Овченков Николай Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической информатики ЯрГУ, ovchenkov@electronika.ru.

INTEGRAL SECURITY OF AIR TRANSPORT

Lev N. Elisov¹, Nikolay I. Ovchenkov²

¹*Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

²*P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia*

ABSTRACT

The paper presents the authors' view on one of the most important issues of civil aviation under current conditions – ensuring aviation security of civil aviation objects. The authors understand "aviation security" in terms of the definition

given in the Air Laws and Regulations. The authors consider it possible to speak and use nothing but the term "aviation security" since the term "transport security", introduced relatively recently, does not fundamentally contradict the term "aviation security" insofar as it concerns civil aviation.

An original approach of the authors to the functional-essential understanding of air transport security is proposed. The approach is based on the analysis of sufficiently new security-related terms that have not been used so far in air transport security studies. It is bodily security, common security and indivisible security. As a result of the implemented study, the authors propose a new term: integral air transport security. Besides, the authors give the definition of integral security term, structure the term and provide an analysis of the functional relationships of the structure elements.

The statement of the issue of modeling the security (danger) of the object in the format of a hypothetical field that represents some state of the environment as a security space is presented. It is shown that the methodology of the study of integrated security is reduced to assessing security level and deciding the issue of its acceptability. For this reason, it is necessary to solve the issues of formalization and modeling. The authors believe that the mathematical apparatus of the theory of boundary value problems, that are described by a system of partial differential equations, is the most adequate for formalization out of the many methods that field theory offers.

Key words: aviation security, integral security of air transport, definitions, formalization, modeling, boundary value problem, partial differential equations.

REFERENCES

1. **Zaplatskiy V.M.** Terminology of security science. Zbornik prispevkov zmedzinaro dnev vedeckej konferencie «Bezhecnostnavedaabezpecnstnevzdelanie». Liptovsky Mikulas, AOSL iptovskomVikulasi, 2006.

2. *Strategiya natsionalnoy bezopasnosti RF do 2010 goda. Ukaz Prezidenta RF ot 20 maya 2009 g. № 537* [Russia's National Security Strategy till 2020. The Decree of the President of the Russian Federation dated 12.05.2009. No. 537]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/95521> (accessed: 9.09.2017). (in Russian)

3. *Federalnyi zakon v oblasti obespecheniya transportnoy bezopasnosti. FZ ot 9 fevralya 2007 goda № 16-FZ "O transportnoy bezopasnosti"* [The Federal law in the sphere of transport security ensuring. Dated 09.02.2007 No. 16-FZ "On transport security"]. URL: <http://base.garant.ru/12151931> (accessed: 9.09.2017). (in Russian)

4. **Elisov L.N., Ovchenkov N.I., Fadeev R.S.** *Vvedenie v teoriyu aviatsionnoy bezopasnosti* [Introduction to theory of Aviation Security]. Ed. by L.N. Elisov. Yaroslavl, Filigree, 2016, 320 p. (in Russian)

5. **Elisov L.N., Ovchenkov N.I.** *Aviatsionnaya bezopasnost kak obyekt matematicheskogo modelirovaniya* [Aviation security as an object of mathematical modeling]. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA* [The Scientific Bulletin of MSTUCA], 2017, Vol. 20, no. 3, pp. 13–20. (in Russian)

6. **Elisov L.N.** *K voprosu o tochnosti evristicheskikh algoritmov pri reshenii optimizatsipnnih zadach v ekspluatatsii* [To the question of the accuracy of heuristic algorithms for solving optimization problems in operation]. *Nauchniy Vestnik MGTU GA* [Scientific Bulletin of MSTUCA]. 2012, no. 179, pp. 123–126. (in Russian)

7. **Gorbachenko V.I.** *Neyrokompyuteryivresheniikraevyihzadachteoriipolya* [Neurocomputers in solving boundary value problems of field theory]. Educational Guidance for higher educational institutions. M., Radio Engineering. 2003, 336 p. (in Russian)

8. **Elisov L.N., Ovchenkov N.I.** *Nekotorie voprosy setochnogo i neyrosetevogo modelirovaniya zadach upravleniya aviatsionnoy bezopasnosti* [Some questions of the grid and neural network modeling of airport aviation security control task]. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA* [The Scientific Bulletin of MSTUCA], 2017, vol. 20, no.3, pp. 21–29. (in Russian)

9. **Farlou S.** *Uravneniya s chastnyimi proizvodnyimi dlya nauchnyih rabotnikov i inzhenerov* [Partial Derivative Equations for Scientists and Engineers]. M., Mir, 1985, 384 p. (in Russian)

10. **Ovchenkov N.I., Elisov L.N.** *Otsenka uyazvimosti obyektov transportnoy infrastruktury i transportnyh sredstv v grazhdanskoy aviatsii* [Assessment of transport infrastructure and means of

transport vulnerability in civil aviation]. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA* [The Scientific Bulletin of MSTUCA]. 2014, no. 204, pp. 65–68. (in Russian)

11. Callan R. *Osnovnyie kontseptsii neyronnyih setey* [Basic concepts of neural networks]. M., Publishing House "Williams", 2001, 288 p. (in Russian)

12. Elisov L.N. *Metodologiya i sredstva kvalimetrii inzhenerno-tehnicheskogo sostava grazhdanskoj aviacii. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehniceskikh nauk* [Methodology and tools of quality control of engineering and technical personnel of civil aviation. Abstract of the doctoral thesis of Mathematics and Physics]. Moscow, 1995. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Lev N. Elisov, Doctor of Technical Science, Professor, Full Professor of Flight and Life Safety Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, lev.el@list.ru.

Nikolay I. Ovchenkov, Candidate of Technical Science, Associate Professor of Theoretical Computer Science Chair, P.G. Demidov, Yaroslavl State University, ovchenkov@electronika.ru.

Поступила в редакцию 03.10.2017
Принята в печать 23.11.2017

Received 03.10.2017
Accepted for publication 23.11.2017