

УДК 351.814.2

DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-6-17-28

## МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОТ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ

**Б.И. БАЧКАЛО<sup>1</sup>, В.И. ЗОЛОТЫХ<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия  
им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия*

В статье проводится анализ существующих проблем, препятствующих эффективному управлению безопасностью полетов авиационных формирований Вооруженных Сил Российской Федерации. В результате этого анализа выявлено противоречие между необходимостью построения системы управления безопасностью полетов и отсутствием эффективных механизмов оценки состояния авиационной системы и учета влияния человеческого фактора авиационных специалистов на безопасность полетов. Для разрешения данного противоречия требуется разработка комплекса методик, позволяющих количественно оценить реальное состояние защищенности авиационной системы от воздействия угроз, связанных с человеческим фактором летного состава. В результате проведенного исследования проблемы численной оценки влияния личностного фактора летчика на безопасность полета, разработан методический аппарат оценки состояния защищенности авиационной системы от опасных факторов, который основан на применении лично ориентированного подхода к оценке и управлению состоянием авиационной системы. Данный методический аппарат оценки представляет собой комплекс методик численной оценки состояния безопасности полета воздушного судна и состояния безопасности полетов авиационного формирования. Представленная в статье методика оценки состояния безопасности полета позволяет количественно оценить состояние защищенности системы «экипаж – воздушное судно» от воздействия опасных факторов, обусловленных личностным фактором конкретного летчика перед полетом и оценивать в масштабе реального времени состояние защищенности системы «экипаж – воздушное судно» во время выполнения полета.

**Ключевые слова:** безопасность полетов, безопасность полета, личностный фактор, человеческий фактор, авиационная система, летный состав.

### ВВЕДЕНИЕ

Вначале необходимо определиться в терминологии. Для этого потребуется уточнить значение некоторых терминов, имеющих отношение к объекту исследования.

Характерно, что при определении обстоятельств и причин авиационных происшествий (АП) и инцидентов, произошедших вследствие неправильных действий авиационных специалистов при производстве полетов и их обеспечении, применяют термины «человеческий фактор» и «личностный фактор». При этом зачастую происходит смешение понятий, определенных этими терминами. Поэтому необходимо условиться о значении используемых терминов. Даже если эти значения в деталях не совпадут с принятыми в смежных науках, они пояснят мысль авторов, поскольку такое понимание необходимо для дальнейшего исследования.

Для различных сфер человеческой деятельности дано свое определение человеческого фактора. Как правило, в каждом из этих определений отражена возможность причинения вреда системе, обусловленная наличием присущих человеку физиологических и психологических возможностей и ограничений.

В настоящей работе под человеческим фактором (ЧФ) понимается совокупность физиологических и психологических возможностей и ограничений, присущих авиационному персоналу, которые в случае непринятия их во внимание могут стать причиной неправильных действий при организации и выполнении полета и обусловить причину авиационного события [1]. Вопросы проявления ЧФ в авиации рассматривались, например, в работах [2–4].

Необходимо отметить, что на практике, а порой и в теории, довольно часто все причины, связанные с неудовлетворительной деятельностью личного состава, относят к одному опасному фактору – человеческому, хотя в большинстве случаев проявляется так называемый личностный фактор, который по своей сути является разновидностью или составным элементом человеческого фактора.

Как правило, о личностном факторе говорят в том случае, если событие было обусловлено особенностями конкретного человека. Например, личностным фактором может быть уровень физического развития человека: летчику не хватило сил для создания необходимых усилий на ручке управления, когда другие летчики справились бы с этой задачей. Или особенности темперамента летчика не позволили ему выполнить требуемые действия с необходимым темпом, когда другие летчики могли бы благополучно выйти из создавшейся ситуации.

Заметим, что причинами нарушения полетного задания, порядка или правил его выполнения фактически всегда являются именно личностные особенности летчика (его убеждения, склонности, нравственные качества).

Обобщая приведенные выше положения, можно сделать вывод, что понятием «человеческий фактор» в авиации охвачен спектр физиологических и психологических возможностей и ограничений, несущих в себе потенциальную угрозу безаварийному функционированию авиационной системы (АС), присущих авиационному персоналу как совокупности авиационных специалистов. Под личностным фактором понимается набор физиологических, психологических и моральных возможностей и ограничений, присущих конкретному авиационному специалисту – индивидууму, представляющих собой потенциальную угрозу безаварийному функционированию АС. В настоящей работе именно в таком контексте понимаются термины «человеческий фактор» и «личностный фактор».

Безопасность полетов, которая определена в работе [1] как защищенность авиационной системы от воздействия опасных факторов, позволяет обеспечить функционирование авиационной системы без авиационных происшествий. Она подвержена влиянию множества факторов, неустойчивых по своему характеру, находящихся, как правило, в тесных взаимосвязях друг с другом и с компонентами АС. При этом международными и государственными стандартами предписывается обязательное системное управление безопасностью полетов (БзПов). В соответствии с этими требованиями в Концепции<sup>1</sup> определена задача построения системы управления БзПов. Решению этой задачи, по мнению авторов, препятствует следующее.

1. Управление безопасностью полетов в обязательном порядке предусматривает количественное оценивание параметров БзПов, по которым осуществляется управление (управлять возможно тем, что можно измерить).

В работе [1] обосновано, что БзПов необходимо отражать через следующие характеристики: БзПов как процесс реагирования АС – через состояние БзПов;

БзПов как результат реагирования АС – через уровень авиационной аварийности.

*Уровень авиационной аварийности* – комплексная характеристика БзПов, отображающая посредством системы статистических показателей людские потери и утраты авиационной техники (АТ) в результате АП, произошедших в государственной авиации РФ за определенный период. Одним из показателей уровня авиационной аварийности является количество АП на сто тысяч часов налета [1].

В настоящее время БзПов оценивается совокупностью количественных и качественных показателей. Уровень БзПов оценивается по количеству авиационных событий, произошедших в анализируемом периоде. Такая оценка носит апостериорный характер и не может отражать истинного текущего и перспективного состояния АС. Поэтому единственная возможность успешного решения задач управления БзПов появляется при условии количественной и качественной оценки состояния БзПов в каждом авиационном формировании в масштабе реального времени.

<sup>1</sup> Концепция безопасности полетов авиации Вооруженных Сил Российской Федерации. Утв. МО РФ 31.05.2017 г. М.: СБП А ВС РФ, 2017. 19 с.

В работе [1] состояние БзПов определено как интегральная характеристика защищенности авиационной системы, определенная воздействием на нее опасных факторов в масштабе реального времени.

Оценка состояния БзПов в авиационных формированиях в настоящее время выполняется способом, определенным Руководством<sup>2</sup>. Но то, что мы пытаемся оценивать этим способом, не является *состоянием* БзПов (курсив авторов). По сути дела, оценивается уровень аварийности за прошедший период, при этом используются абсолютные статистические показатели. И оценивается качество профилактической работы, проведенной в авиационном формировании за оцениваемый период. Ни о какой оценке реального состояния БзПов при таком способе оценки речи быть не может. Отсюда следует вывод – на настоящий момент эффективные механизмы и инструменты, определенные руководящими документами для оценки состояния БзПов в авиационных формированиях, отсутствуют.

2. Согласно официальной статистике большинство АП происходит по причинам, связанным с неудовлетворительной деятельностью авиационных специалистов, задействованных в АС при производстве полетов. Доля таких АП в государственной авиации в разные периоды колеблется от 63 до 85 % от общего количества.

Характерно, что наиболее часто причины АП связаны с ошибочными действиями и умышленными нарушениями летным составом установленных правил при выполнении полетов – то, что на языке авиационных специалистов называют проявлениями «человеческого фактора» (ЧФ). Доля таких АП в общем количестве катастроф и аварий, произошедших по причинам, связанным с неудовлетворительной деятельностью авиационных специалистов при производстве полетов, составляет примерно 80 %.

В широкой авиационной общественности считается признанным тот факт, что в пилотируемой авиации ЧФ является одной из главных причин аварийности. При этом, как показывает практика, ЧФ наиболее сложно поддается контролю. Объясняется это тем, что на протяжении всего периода развития авиации решались задачи обеспечения безопасности полетов, а задачам обеспечения безопасности конкретного полета и управления безопасностью конкретного полета не уделялось должного внимания. При таком подходе попытки контролировать ЧФ авиационных специалистов можно сравнить с попытками контролировать среднюю по больнице температуру больных.

Назрела необходимость разделить такие понятия, как уровень БзПов и уровень безопасности полета (далее БзПа). Для того чтобы повышать уровень БзПа, необходимо оценить его исходное состояние и определить, до какой величины он должен быть повышен. Существующий механизм оценки состояния БзПов такой возможности не дает [4].

АС представляет собой сложную динамическую систему, исполнительной частью которой является система «экипаж – воздушное судно» (далее система ЭВС). Система ЭВС является человеко-машинной или эргатической системой. Главным элементом любой эргатической системы является человек-оператор, поэтому необходимо учитывать влияние социальных и психофизиологических аспектов, связанных с участием человека в управлении системой ЭВС, – то, что на языке авиационных специалистов называют «личностным фактором» (ЛФ).

По сути ЛФ является составным элементом ЧФ, поэтому реальная возможность контролировать ЧФ летного состава авиационных формирований появится при условии контроля ЛФ каждого конкретного летчика.

Существующие в настоящее время механизмы оценки состояния БзПов и контроля готовности элементов АС к полету не позволяют системно учесть влияние на безопасность пред-

<sup>2</sup> Руководство по предотвращению авиационных происшествий с государственными воздушными судами в Российской Федерации (РПАП-2002 – утверждено приказом МО РФ 2002 г. № 390). М.: Воениздат, 2003. 71 с.

стоящего полета опасных факторов, связанных с ЛФ летчика. Поэтому на сегодняшний день в авиационных формированиях Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) ЛФ каждого летчика системно не учитывается, и оценка его влияния на БзПа носит интуитивный характер. Отсюда следует вывод – на настоящий момент эффективные механизмы и инструменты оценки влияния ЛФ конкретного летчика на БзПа воздушного судна и ЧФ летного состава на БзПов в авиационных формированиях отсутствуют.

Все это образует противоречие, где, с одной стороны, существует объективная необходимость построения эффективной системы управления БзПов, с другой стороны, имеет место недостаток информации о состоянии защищенности АС от воздействия ОФ, обусловленных ЧФ авиационных специалистов, задействованных в АС при производстве полетов. Это противоречие обусловлено отсутствием механизмов оценки состояния БзПов с учетом влияния ЧФ авиационных специалистов, прежде всего из числа летного состава, и препятствует выработке обоснованных управляющих воздействий, направленных на повышение БзПов.

Для устранения этого противоречия на кафедре безопасности полетов ВУНЦ ВВС «ВВА» разработан методический аппарат оценки состояния БзПов, представляющий собой комплекс методик численной оценки состояния БзПа воздушного судна (ВС) и состояния БзПов авиационного формирования. Целью настоящей статьи является доведение до научной общественности и специалистов в области БзПов содержания разработанной методики оценки состояния БзПа с учетом влияния ЛФ летчика.

## СПОСОБ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ЛФ ЛЕТЧИКА НА СОСТОЯНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ СИСТЕМЫ ЭВС

Для того чтобы объективно оценить влияние ЧФ летного состава на защищенность АС, необходимо прежде всего иметь возможность численной оценки влияния ЛФ каждого летчика оцениваемого подразделения на защищенность системы ЭВС, элементом которой является данный летчик. Поэтому вначале разработан способ учета влияния ЛФ летчика на состояние защищенности системы ЭВС. Основой для разработки данного способа послужил метод формализации личностного фактора в эргатической системе, подробно описанный в работе [5].

Разработанный способ базируется на применении лично ориентированного подхода к оценке обеспечения БзПа. Основой лично ориентированного подхода применительно к области БзПов является обязательный учет ЛФ каждого авиационного специалиста, задействованного в АС при производстве полетов.

Для практической реализации данного подхода впервые применен интегральный показатель угроз АС со стороны ЛФ летчика. Данный показатель получил название «суммарный показатель опасности летчика». Численное значение суммарного показателя опасности летчика ( $K_{ол}$ ) зависит от проявлений ЛФ конкретного летчика и может изменяться в диапазоне от 0 до 1. Значение  $K_{ол} = 0$  характеризует состояние системы ЭВС при отсутствии угроз со стороны ЛФ летчика, при  $K_{ол} = 1$  угрозы состоянию системы ЭВС со стороны ЛФ летчика определяются как максимально возможные.

Получена математическая формула или математическая модель (1) уровня обеспечения безопасности полета, позволяющая учесть как законность допуска к полету конкретного летчика и ВС, так и влияние ЛФ летчика на состояние защищенности системы ЭВС:

$$U = Z_{л} \cdot (1 - K_{ол}) \cdot 100\% \cdot Z_{ВС} = Z \cdot (1 - K_{ол}) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $U$  – уровень обеспечения БзПа;  
 $K_{ол}$  – суммарный показатель опасности летчика;  
 $Z_{л}$  – законность допуска летчика к выполнению предстоящего полета;

$Z_{вс}$  – законность допуска ВС к выполнению предстоящего полета;

$Z$  – законность выполнения полета системой ЭВС.

Значения законности  $Z_{л}$ ,  $Z_{вс}$  и  $Z$  могут быть «да» или «нет» – «1» или «0». Таким образом, величина  $U$  может меняться от 0 до 100 % [4].

Для того чтобы иметь возможность определять численное значение суммарного показателя опасности летчика  $K_{ол}$ , необходимо:

- определить наиболее существенные показатели угрозы безопасности полета со стороны ЛФ летчика, названных показателями опасности;
- обоснованно определить величину каждого такого показателя опасности.

В результате применения экспертных методов определены пять показателей опасности. В сумме значения показателей опасности дают величину суммарного показателя опасности летчика (2):

$$K_{ол} = K_{саи} + K_{аи} + K_{нд} + K_{нрп} + K_{оп}, \quad (2)$$

где  $K_{ол}$  – суммарный показатель опасности летчика;

$K_{саи}$  – показатель опасности, связанный с наличием серьезных авиационных инцидентов (САИ), произошедших по вине летчика;

$K_{аи}$  – показатель опасности, связанный с наличием авиационных инцидентов (АИ), произошедших по вине летчика;

$K_{нд}$  – показатель опасности, связанный с проявлением недисциплинированности летчика при выполнении полетного задания;

$K_{нрп}$  – показатель опасности, связанный с нечестностью летчика при разборе полетов. В данном случае речь идет о межполетном разборе полетов, цель которого – предотвратить выпуск в повторный полет летчика, допустившего авиационный инцидент (АИ). При проведении именно такого разбора полетов наиболее вероятно проявление нечестности летчика;

$K_{оп}$  – показатель опасности, связанный с отстранениями летчика от полетов. Причинами отстранения могут быть неудовлетворительная подготовка к полетам, состояние здоровья перед полетом, выявленное при предполетном медосмотре и т. п.

При определении численных значений показателей опасности применялись методы экспертных оценок. В табл. 1 представлены значения определенных показателей опасности в зависимости от количества зафиксированных фактов негативных проявлений ЛФ летчика.

Таблица 1  
Table 1

Значения показателей опасности в зависимости от количества зафиксированных неблагоприятных событий

Values of hazard indicators depending on the number of recorded adverse events

| Количество зафиксированных неблагоприятных событий | $K_{саи}$ | $K_{нд}$ | $K_{аи}$ | $K_{оп}$ | $K_{нрп}$ |
|----------------------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| 0                                                  | 0         | 0        | 0        | 0        | 0         |
| 1                                                  | 0,16      | 0,13     | 0,11     | 0,1      | 0,06      |
| 2 и более                                          | 0,27      | 0,22     | 0,2      | 0,19     | 0,12      |

Период влияния зафиксированного неблагоприятного события на величину соответствующего показателя опасности определялся экспертным методом и составил 1 год в отношении  $K_{саи}$ ,  $K_{нд}$  и  $K_{аи}$ ; 6 и 3 месяца в отношении  $K_{оп}$  и  $K_{нрп}$  соответственно.

Шкала суммарного показателя опасности летчика  $K_{ол}$ , представленная на рис. 1, использовалась при разработке критериев оценки влияния ЛФ летчика на БзПа.

|         |        |       |           |         |   |
|---------|--------|-------|-----------|---------|---|
| зеленый | желтый | синий | оранжевый | красный |   |
| 0       | 0,1    | 0,2   | 0,5       | 0,75    | 1 |

**Рис. 1.** Распределение значений суммарного показателя опасности летчика по цветовой шкале

**Fig. 1.** The distribution of the values of the total hazard indicator of the pilot on a color scale

Критерии распределились по шкале следующим образом:

$K_{ол}$  свыше 0,75 до 1 включительно находится в красном цветовом диапазоне – недопустимо;

$K_{ол}$  свыше 0,5 до 0,75 включительно находится в оранжевом цветовом диапазоне – условно допустимо;

$K_{ол}$  свыше 0,2 до 0,5 включительно находится в синем цветовом диапазоне – допустимо;

$K_{ол}$  свыше 0,1 до 0,2 включительно находится в желтом цветовом диапазоне – вполне допустимо;

$K_{ол}$  свыше 0 до 0,1 включительно находится в зеленом цветовом диапазоне – допустимо в первую очередь.

Таким образом, получив возможность определять численное значение  $K_{ол}$  в зависимости от фактов проявления ЛФ летчика и выработав критерии оценки степени влияния данного показателя на БзПа в зависимости от его численного значения, мы получили способ оценки влияния ЛФ летчика на состояние защищенности первичной АС или, иными словами, на БзПа. Полученный способ лег в основу методики оценки состояния безопасности полета воздушного судна с учетом влияния ЛФ летчика.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ВОЗДУШНОГО СУДНА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ЛИЧНОСТНОГО ФАКТОРА ЛЕТЧИКА

Состояние безопасности полета в работе [1] обосновано как интегральная характеристика защищенности системы ЭВС, определенная воздействием на нее опасных факторов в масштабе реального времени. Состояние безопасности полета отражают следующие показатели: уровень обеспечения БзПа и уровень БзПа.

*Уровень обеспечения БзПа* – полученное при подготовке к полету численное значение показателя, отражающего состояние защищенности системы ЭВС от известных и учтенных установленным порядком ОФ, обусловленных ЛФ летчика, перед полетом, с учетом законности допуска к полету летчика и ВС.

*Уровень БзПа* – показатель, характеризующий состояние защищенности системы ЭВС от воздействия ОФ в ходе выполнения полетного задания [1].

Очевидно, что возможность численно оценить уровень обеспечения БзПа и уровень БзПа появится в результате разработки соответствующих методик.

## ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА

В методике оценки уровня обеспечения БзПа определен один оцениваемый показатель – уровень обеспечения БзПа ( $U$ ). При определении его текущего значения используется выражение (1).

Определение критериев оценки уровня обеспечения БзПа является следующим этапом разработки методики.

С учетом обратной зависимости  $U$  от  $K_{ол}$  и распределения по цветовой шкале  $K_{ол}$ , распределение  $U$  по цветовой шкале выглядит следующим образом (см. рис. 2).

|         |        |       |           |         |
|---------|--------|-------|-----------|---------|
| зеленый | желтый | синий | оранжевый | красный |
| 100 %   | 90 %   | 80 %  | 50 %      | 25 %    |
|         |        |       |           | 0 %     |

Рис. 2. Распределение по цветовой шкале значений уровня обеспечения безопасности полета

Fig. 2. Color scale distribution of flight safety level values

Применяя номинативную шкалу  $U$ , определим следующие критерии оценки уровня обеспечения БзПа:

- зеленому цвету соответствуют значения  $U$  от 100 до 90 % включительно – допустимо в первую очередь;
- желтому цвету соответствуют значения  $U$  от 90 до 80 % включительно – вполне допустимо;
- синему цвету соответствуют значения  $U$  от 80 до 50 % включительно – допустимо;
- оранжевому цвету соответствуют значения  $U$  от 50 до 25 % включительно – условно допустимо;
- красному цвету соответствуют значения  $U$  от 25 до 0 % включительно – недопустимо.

Разработка критериев оценки уровня обеспечения БзПа явилась заключительным этапом разработки методики оценки уровня обеспечения БзПа с учетом влияния ЛФ летчика, структурная схема которой показана на рис. 3.

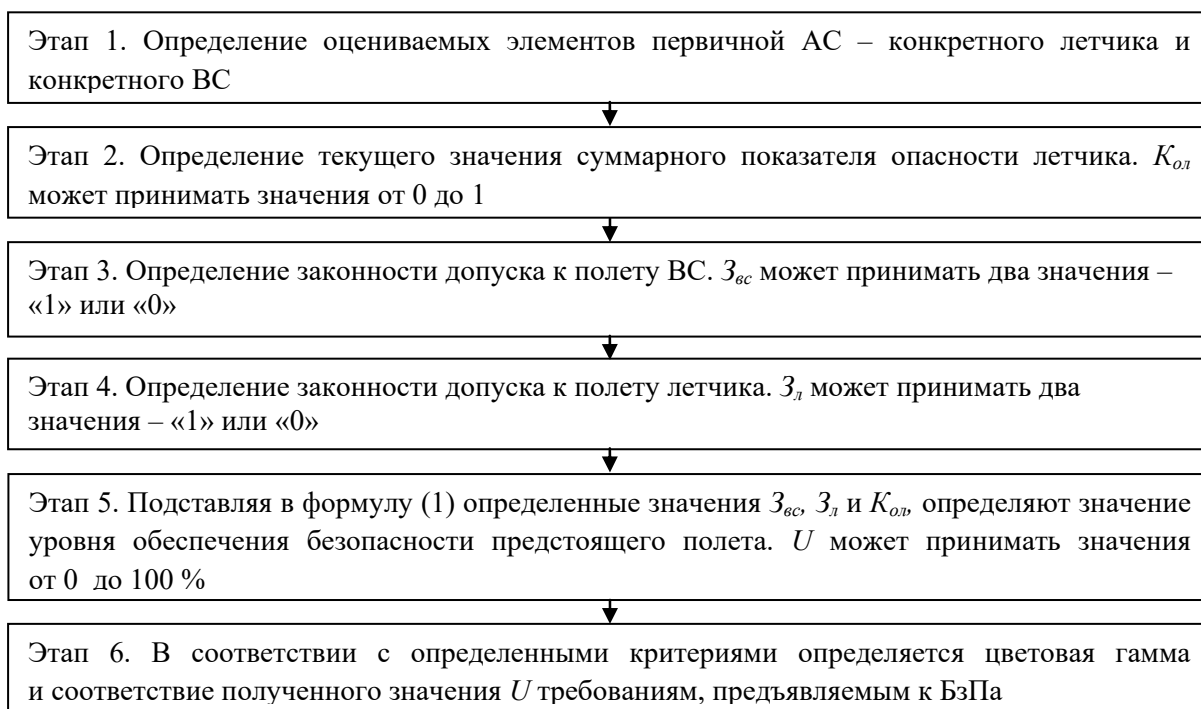


Рис. 3. Структурная схема методики оценки уровня обеспечения безопасности полета с учетом влияния личностного фактора летчика

Fig. 3. Block diagram of the methodology for assessing the level of flight safety, taking into account the influence of the personal factor of the pilot-pilot

Данная методика позволяет оценить состояние защищенности системы ЭВС перед полетом с учетом законности допуска к полету летчика и ВС и с учетом влияния ЛФ летчика на БзПа [4].

## ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА

В ходе непосредственного выполнения полетного задания решаются задачи управления БзПа. Суть этого процесса заключается в том, чтобы своевременно определить возникновение особой ситуации (ОС) в полете и путем управляющих воздействий прежде всего не позволить перерасти ОС в аварийную, а в оптимальном варианте – вернуть систему ЭВС в штатные параметры полета [6–9].

ОС – это нештатная ситуация в которую попадает система ЭВС в результате воздействия на нее ОФ. По степени опасности последствий для экипажа (пассажиров) и АТ особые ситуации подразделяются на следующие:

- усложнение условий полета;
- сложную ситуацию;
- аварийную ситуацию;
- катастрофические ситуации.

В ходе процесса управления БзПа становится актуальным уровень БзПа ( $W$ ). Величина  $W$  определяется значением уровня обеспечения БзПа  $U$  и степенью особой ситуации (ОС), в которой находится система ЭВС в момент оценки. Для численной оценки влияния ОС на уровень БзПа впервые применен показатель, характеризующий степень ОС в полете, названный в исследовании коэффициентом безопасности полета ( $K_{\delta}$ ).

Значение уровня БзПа может быть представлено в виде функции:

$$W = f(U, K_{\delta}).$$

Определение значения  $K_{\delta}$  является наиболее сложным при оценке уровня БзПа. Для успешного решения этой задачи необходимо разработать и внедрить в систему управления БзПа автоматизированной системы, способной определять в режиме реального времени степень опасности возникающей в полете ОС для системы ЭВС. Такая автоматизированная система до сих пор не создана, но технические затруднения не должны создавать препятствий для проведения научных исследований в направлении оценки реального состояния защищенности системы ЭВС во время выполнения полетного задания.

Значение  $U$  определяется перед полетом и остается постоянным в процессе всего полета, при условии благополучного его завершения. Переменная  $K_{\delta}$  может изменяться в течение полета в диапазоне от 0 до 1 в зависимости от сложности ОС, возникающей в полете. Значение  $K_{\delta} = 0$  характеризует состояние системы ЭВС при отсутствии ОС, при  $K_{\delta} = 1$  ОС стала катастрофической.

В окончательном виде уровень БзПа можно представить в виде выражения (3)

$$W = U \cdot K_{\delta}, \quad (3)$$

где  $W$  – уровень БзПа;

$U$  – уровень обеспечения БзПа;

$K_{\delta}$  – коэффициент безопасности полета.

Очевидно, что величина  $W$  может меняться от 100 до 0 %.

Для удобства применения целесообразно качественно оценить состояние БзПа во время его выполнения. На рис. 4 показано распределение значений  $W$  по цветовой шкале.

| зеленый | желтый | синий       | оранжевый           | красный |
|---------|--------|-------------|---------------------|---------|
| 100 %   | 90 %   | 80 %        | 50 %                | 25 %    |
| отлично | хорошо | удовлетвор. | неудовлетворительно | 0 %     |

**Рис. 4.** Распределение значений уровня безопасности полета  $W$  по цветовой шкале  
**Fig. 4.** The distribution of the values of the safety level of the flight  $W$  on a color scale

Значения  $W$  от 100 до 90 % включительно находятся в зеленом цветовом диапазоне – желательно. Оценка за состояние БзПа – отлично;

Значения  $W$  менее 90 до 80 % включительно находятся в желтом цветовом диапазоне – вполне допустимо. Оценка за состояние БзПа – хорошо;

Значения  $W$  менее 80 до 50 % включительно находятся в синем цветовом диапазоне – допустимо. Оценка за состояние БзПа – удовлетворительно;

Значения  $W$  менее 50 до 25 % включительно находятся в оранжевом цветовом диапазоне – нежелательно. Оценка за состояние БзПа – неудовлетворительно;

Значения  $W$  менее 25 до 0 % включительно находятся в красном цветовом диапазоне – недопустимо. Оценка за состояние БзПа – неудовлетворительно;

Распределение значений  $W$  по цветовой шкале определено методом экспертных оценок. В частности, применен метод опроса экспертов, который проводился способом интервьюирования-анкетирование в один тур.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате применения лично ориентированного подхода к оценке состояния АС разработана методика оценки состояния БзПа с учетом влияния ЛФ летчика.

Способ учета влияния ЛФ летчика на состояние защищенности системы ЭВС и полученный в ходе его разработки интегральный показатель угроз безопасности предстоящего полета, получивший название «суммарный показатель опасности летчика», положены в основу разработанной методики оценки состояния БзПов в авиационном формировании. Эта методика позволяет в результате применения лично ориентированного подхода к оценке состояния АС оценивать состояние защищенности АС тактического уровня функционирования (авиационная часть) от ОФ, обусловленных ЧФ летного состава во время организации и проведения полетов в масштабе реального времени. К сожалению, объем статьи не позволяет довести содержание этой методики до заинтересованных читателей. Но в планы авторов входит опубликование полученных результатов в следующих выпусках «Научного Вестника».

В заключение необходимо отметить, что разработанный инструмент оценки состояния защищенности АС от ОФ носит адаптивный характер ввиду того, что при его разработке широко применялись экспертные методы. Поэтому велика вероятность внесения дополнений и уточнений в ходе его практического применения, что в конечном итоге поможет усовершенствовать полученный инструмент оценки состояния защищенности АС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотых В.И. О состоянии безопасности полетов // Электронное периодическое издание «Воздушно-космические силы. Теория и практика». Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА». 2017. № 3. С. 59-67.
2. Козлов А.С. Человеческий фактор и система обеспечения безопасности полетов // Научный вестник МГТУ ГА. 2012. № 182. С. 84–88.

3. Пономаренко В.А. Психологический анализ летных происшествий и предпосылок к ним: метод. пособие. М.: Военное издательство, 1990. 56 с.
4. Пономаренко В.А. Психология человеческого фактора в опасной профессии. Красноярск: Поликом, 2006. 629 с.
5. Бачкало Б.И., Золотых В.И. Метод учета влияния «личностного фактора» человека-оператора на безопасность управляемой им эргатической системы // Вестник Академии военных наук. 2018. № 3. С. 96–103.
6. Бачкало Б.И., Ирмалиев Р.Э. Информационная теория безопасности: монография. Монино: ВВА, 2011. 98 с.
7. Жмеренецкий В.Ф., Полулях К.Д., Акбашев О.Ф. Активное обеспечение безопасности полета летательного аппарата: методология, модели, алгоритмы. М.: ООО «Ленанд», 2014. 320 с.
8. Жмеренецкий В.Ф. Научно-методические основы построения и функционирования бортовых КСБП // Проблемы безопасности полетов. М.: ВИНТИ, 1998. № 6. С. 25–32.
9. Ирмалиев Р.Э. Информационная модель безопасного полета воздушного судна // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы». Йошкар-Ола: ПГТУ. 2015. № 2 (26). С. 41–50.
10. Ирмалиев Р.Э. Некоторые возможности реализации элементов искусственного интеллекта в бортовой информационно-управляющей системе безопасности полета воздушного судна // Научные чтения по авиации посвященные памяти Н.Е. Жуковского. М.: ООО "Экспериментальная мастерская НаукаСофт". 2015. С. 295–300.
11. Артюхович М.В., Феоктистова О.Г. Роль инженерно-технического персонала в обеспечении безопасности полетов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 204. С. 39–43.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Бачкало Борис Иванович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры боевой подготовки (авиации) Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», [bachkalo@list.ru](mailto:bachkalo@list.ru).

**Золотых Валерий Иванович**, кандидат военных наук, доцент кафедры безопасности полетов Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», [zolotikh-valeri@yandex.ru](mailto:zolotikh-valeri@yandex.ru).

## METHODICAL APPARATUS FOR EVALUATING THE STATE OF AVIATION SYSTEM SAFETY AND SECURITY

**Boris I. Bachkalo<sup>1</sup>, Valeri I. Zolotikh<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Air Force Education and Research Center "The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy", Voronezh, Russia*

## ABSTRACT

The article analyzes the existing problems that impede the effective safety management of the flights of the air forces of the Armed Forces of the Russian Federation. As a result, this analysis revealed the contradiction between the need to build a safety management system and the lack of effective mechanisms for assessing the state of the aviation system and taking into account the influence of the human factor of aviation professionals on flight safety. The contradiction identified the need for developing a set of

methods to estimate the actual state of the aviation system protection from the effects of threats associated with the human factor of flight personnel. A methodological apparatus was developed for assessing the security status of an aviation system against hazardous factors, which is based on applying a personality-oriented approach to assessing and managing the state of an aviation system. The method of assessing the state of flight safety allows you to quantify the state of protection of the crew-aircraft system from the impact of hazards caused by the personal factor of a particular pilot before the flight and to assess in near real-time the state of protection of the crew-aircraft system during the flight. The method of assessing the state of safety in aviation formation allows you to assess the status of safety during the organization and conduct of flights, taking into account the influence of the human factor of flight personnel in near real time.

**Key words:** flight safety, flight security, personality factor, human factor, aviation system, flight personnel.

## REFERENCES

1. Zolotikh, V.I. (2017). *On the aviation units flights safety state problem*. Electronic periodical «Aerospace forces. Theory and practice». Voronezh: VUNTS VVS «VVA», no. 3, pp. 59–67. (in Russian)
2. Kozlov, A.S. (2012). *The human factor like the main element in system of safety of flight*. Nauchnyi Vestnik MGTU GA, no. 182, pp. 84–88. (in Russian)
3. Ponomarenko, V.A. (1990). *Psikhologicheskiy analiz letnykh proisshestviy i predposylok k nim: metodicheskoye posobiye* [Psychological analysis of flight accidents and prerequisites for them]. Moscow: Voennoye izdatelstvo, 56 p. (in Russian)
4. Ponomarenko, V.A. (2006). *Psikhologiya chelovecheskogo faktora v opasnoy professii*. [Psychology of the human factor in a dangerous profession]. Krasnoyarsk: Polikom, 629 p. (in Russian)
5. Bachkalo, B.I. and Zolotikh, V.I. (2018). *Method of accounting influence of the "human factor" of the human-operator on the safety of the ergas system managed by them*. Vestnik Akademii voyennykh nauk, no. 3, pp. 96–103. (in Russian)
6. Bachkalo, B.I. and Irmaliyev, R.E. (2011). *Informatsionnaya teoriya bezopasnosti poletov. Monografiya* [Information Theory of Flight Safety: Monograph]. Monino: VVA, 98 p. (in Russian)
7. Zhmerenetskiy, V.F., Polulyakh, K.D. and Akbashev, O.F. (2014). *Active safety flight of the aircraft. Methodology, models, algorithms*. Moscow: OOO «Lenand», 320 p. (in Russian)
8. Zhmerenetskiy, V.F. (1998). *Nauchno-metodicheskiye osnovy postroyeniya i funktsionirovaniya bortovykh KSBP* [Scientific and methodological foundations of the construction and operation of airborne KSBP]. Problemy bezopasnosti poletov. Moscow: VINITI, no. 6, pp. 25–32. (in Russian)
9. Irmaliyev, R.E. (2015). *Information model of the safe flight of aircraft*. Vestnik of Volga State University of Technology. Series «radio engineering and infocommunication systems». Yoshkar-Ola: VSUOT, no. 2 (26), pp. 41–50. (in Russian)
10. Irmaliyev, R.E. (2015) *Nekotoryye vozmozhnosti realizatsii elementov iskusstvennogo intellekta v bortovoy informatsionno-upravlyayushchey sisteme bezopasnosti poleta vozdushnogo sudna* [Some opportunities for the implementation of elements of artificial intelligence in the onboard information and control safety system of the flight of an aircraft]. Nauchnyye chteniya po aviatsii posvyashchennyye pamyati N.Ye. Zhukovskogo. Moscow: OOO «Eksperimentalnaya masterskaya NaukaSoft», pp. 295–300. (in Russian)
11. Artyukhovich, M.V. and Feoktistova, O.G. (2014). *The role of the technical staff in the flight safety*. Nauchnyi Vestnik MGTU GA, no. 204, pp. 39–43. (in Russian)

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Boris I. Bachkalo**, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Professor of the Air Force Education and Research Center "The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy", bachkalo@list.ru.

**Valeri I. Zolotikh**, Candidate of Military Sciences, the Associate Professor of the Air Force Education and Research Center "The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy", zolotikh-valeri@yandex.ru.

Поступила в редакцию 02.08.2019  
Принята в печать 14.11.2019

Received 02.08.2019  
Accepted for publication 14.11.2019