

УДК 629.735.33:004.021

DOI: 10.26467/2079-0619-2024-27-3-67-80

Анализ сбалансированного показателя безопасности полетов как ключевой элемент оперативного контроллинга в организации по ОВД

Р.А. Образцов¹, В.Д. Шаров²

¹*Центральное межрегиональное территориальное управление воздушного транспорта Центральных районов Федерального агентства воздушного транспорта. Министерство транспорта Российской Федерации, г. Москва, Россия*

²*Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Россия*

Аннотация: Контроллинг рассматривается как универсальное современное направление менеджмента. Он широко распространен в различных областях человеческой деятельности, но в гражданской авиации пока не нашел прямого применения. Между тем любое авиапредприятие подчиняется общим законам управления, следовательно, контроллинг может и должен найти свое место в управлении авиационной организацией. Ввиду особой важности для авиации вопросов управления безопасностью полетов контроллинг как концепция менеджмента, позволяющая контролировать процессы, а не результаты, органично вписывается в процедуры систем управления безопасностью полетов (СУБП) поставщиков авиационных услуг. В частности, разработка и мониторинг показателей эффективности обеспечения безопасности полетов (SPI) может рассматриваться как ключевой элемент оперативного контроллинга. В СУБП процедура работы с SPI, наряду с процедурой управления рисками для безопасности полетов, является важнейшим компонентом всей системы. Для обеспечения эффективности этой процедуры в организации по обслуживанию воздушного движения (ОВД) необходимо разработать сбалансированный общий SPI. Как показал анализ, применяемые в организациях по ОВД показатели ориентированы на учет только инцидентов, причем с одинаковым «весом», и не отражают объективно уровень обеспечения безопасности полетов при ОВД и его динамику. В статье представлен вариант разработки нового сбалансированного показателя, который учитывает и менее значимые отклонения от нормального функционирования системы ОВД, ошибки и нарушения персонала. Показатель разработан на основе экспертного опроса специалистов по ОВД. Мониторинг показателей и их прогнозирование также являются важными задачами оперативного контроллинга. Эти задачи могут решаться различными методами, применимость и сравнительная эффективность некоторых из них обсуждаются в данной статье. Все расчеты выполнены на основе реальных данных одной из крупных организаций по ОВД Российской Федерации.

Ключевые слова: оперативный контроллинг, обслуживание воздушного движения, безопасность полетов, экспертные оценки, прогнозирование.

Для цитирования: Образцов Р.А., Шаров В.Д. Анализ сбалансированного показателя безопасности полетов как ключевой элемент оперативного контроллинга в организации по ОВД // Научный Вестник МГТУ ГА. 2024. Т. 27, № 3. С. 67–80. DOI: 10.26467/2079-0619-2024-27-3-67-80

Analysis of a balanced safety performance indicator as a key element of operational controlling in the ATS organization

R.A. Obratsov¹, V.D. Sharov²

¹*Central Interregional Territorial Administration of Air Transport of the Central Areas of the Federal Air Transport Agency, Ministry of Transport of the Russian Federation, Moscow, Russia*

²*Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

Abstract: Controlling is considered as a versatile modern focus of management. It is widespread in various fields of human activity but has not found direct application in civil aviation yet. Meanwhile, any aviation organization is subject to the general laws of

management, therefore, controlling can and should find its application in the management of an aviation organization. Due to the particular importance of safety management considerations, controlling, as a management concept that allows you to control processes rather than results, fits seamlessly into the procedures of safety management systems (SMS) of aviation service providers. In particular, the development and monitoring of safety performance indicators (SPI) can be considered as a key element of operational controlling. In the SMS, the procedure to deal with the SPI, in conjunction with the risks mitigation procedure for safety, is an essential component of the entire system. To ensure the effectiveness of this procedure in the Air Traffic Service (ATS) organization, it is necessary to develop a balanced overall SPI. As the analysis showed, the indicators applicable in ATS organizations are focused on considering only incidents of the same “weight” and do not objectively reflect a level of safety assurance at ATS and its dynamics. The article presents a variant of developing a revised balanced indicator, which considers less significant deviations from the proper ATS system operation, errors and violations of personnel. The indicator was developed on the basis of the expert survey of ATS specialists. Monitoring and predicting of indicators are also important tasks of operational controlling. These problems can be solved by various methods, the applicability and comparative effectiveness of some of them are discussed in this article. All calculations are based on real data of one of the major ATS organizations of the Russian Federation.

Key words: operational controlling, air traffic service, aviation safety, expert assessments, predicting.

For citation: Obraztsov, R.A., Sharov, V.D. (2024). Analysis of a balanced safety performance indicator as a key element of operational controlling in the ATS organization. Civil Aviation High Technologies, vol. 27, no. 3, pp. 67–80. DOI: 10.26467/2079-0619-2024-27-3-67-80

Введение

Контроллинг представляет собой современное перспективное теоретическое и практическое направление менеджмента, предусматривающее создание комплексной системы поддержки управления организацией, направленной на координацию взаимодействия систем менеджмента и контроля их эффективности. Краткое определение известных экономистов Э.А. Гомонко и Т.Ф. Тарасовой приведено в [1]: «**контроллинг** – единая система управления процессом достижения целей и результатов деятельности предприятия».

Если в начале своего развития контроллинг понимался как система управления прибылью предприятия [2], то в современном понимании он включает в себя риск-менеджмент, управление качеством, систему информационной поддержки, управление набором основных показателей и систему реализации принятых решений. Понятие контроллинга используется в западной науке и практике управления с XIX века, однако в России оно не нашло широкого распространения, поскольку ассоциируется с термином «контроль». Слово «контроллинг» происходит от англ. глагола *to control*, но этот глагол имеет и другие значения, такие как управлять, наблюдать, отслеживать, настраивать, регулировать. Отличие контроллинга от кон-

троля, по [3], состоит в следующем. **Контроль** – отслеживание результатов процессов по истечении определенного срока. **Контроллинг** – концепция менеджмента, позволяющая контролировать процессы, а не результаты, помогает увидеть, на каком этапе процесса произошел сбой, получить обратную связь и вовремя внести коррективы.

По мнению проф. А.И. Орлова [4], принципы контроллинга в настоящее время фактически применяются достаточно широко. На международных конференциях Института проблем управления РАН «Управление развитием крупномасштабных систем», которые проводятся с 2013 г., вопросы контроллинга рассматривались по крайней мере в 40 % докладов. Авторы [5] утверждают, что фактически успешно развивающиеся крупнейшие мировые компании давно придерживаются философии контроллинга, даже если и не используют этот термин.

По разным аспектам контроллинга имеется обширная литература. В МГТУ им. Н.Э. Баумана под руководством проф. С.Г. Фалько и проф. А.И. Орлова функционирует научно-образовательный центр «Контроллинг и управленческие инновации» (<http://cmi.bmstu.ru>).

Согласно [4] **стратегический контроллинг** заключается в выработке целей и задач на среднесрочную и долгосрочную перспективу, в разработке способов достижения це-

лей и решения задач (принцип «делать правильное дело»). **Оперативный контроллинг** разрабатывает своевременные мероприятия в рамках ограниченного периода, направленные на устранение отклонений фактических показателей от плановых и выполняет краткосрочное прогнозирование (принцип «делать дело правильно»).

Управление авиапредприятием подчиняется объективным законам менеджмента, а это значит, что философия контроллинга реализуется и в его деятельности.

1. Применение методов контроллинга в управлении безопасностью авиапредприятия

В различных отраслях производства можно найти примеры контроллинга разных аспектов безопасности.

В области управления экономическими рисками предприятия разрабатывается концепция «риск-контроллинга», включающая интеграцию управления рисками во все сферы и процессы управления [6].

Применяются методы контроллинга в управлении безопасностью промышленных предприятий. В статье [7] предлагается система показателей оперативного контроллинга безопасности в нефтегазовой компании. В нее входят: анализ инцидентов, затраты на превентивные меры по предотвращению аварий и инцидентов, суммы штрафов, деятельность службы охраны труда. Предусмотрена балльная оценка показателя и их суммирование для формирования общего коэффициента.

В статье [8] предлагается включить в контроллинг вопросы обеспечения экономической, транспортной, технологической и информационной безопасности предприятия оборонно-промышленного комплекса.

Управление безопасностью полетов (БП) является неотъемлемой частью общего процесса управления авиапредприятием и реализуется посредством системы управления БП (СУБП). В качестве примера включения вопросов БП в систему контроллинга отметим статью [9]. Автор, говоря о «ключевых эле-

ментах риск-контроллинга авиакомпании», включает в их состав «систему безопасности полетов». Однако, не будучи, очевидно, знакомым с принципами СУБП, он включает в эту «систему» такие элементы, как «составление списка авиадебоширов» и «расширение числа партнеров в рамках код-шеринга».

Вопросы обеспечения авиационной безопасности (защищенности от актов незаконного вмешательства) также являются важными для эксплуатанта. Кроме того, как отмечено выше, контроллинг включает и систему управления качеством. Таким образом, в рамках концепции контроллинга может быть реализовано построение интегрированной системы управления безопасностью, объединяющей СУБП, систему менеджмента качества, а также системы управления авиационной и производственной безопасностью. Это соответствует передовым международным практикам в ГА и позволит оптимизировать распределение ресурсов авиапредприятия.

Для авиапредприятия структура контроллинга как интегрированной системы управления с учетом общей схемы из [10] может иметь вид, представленный на рис. 1. Выделены элементы СУБП, которые органично вписываются в эту структуру.

Одной из двух главных составных частей СУБП является оценка и мониторинг показателей уровня БП (*Safety Performance Indicator – SPI*). Разработка сбалансированного SPI и его мониторинг – это важная задача оперативного контроллинга авиапредприятия, в том числе и в организации по ОВД. Для оперативного контроллинга также представляет интерес разработка метода прогнозирования уровня БП.

2. Формирование сбалансированного показателя уровня БП в организации по ОВД

Обеспечить уверенность авиапредприятия в том, что БП находится на приемлемом уровне, позволяет реализация Стандартов компонента 3 СУБП, получивших название в



Рис. 1. Общая структура контроллинга на авиапредприятии
Fig. 1. The general structure of controlling in an aviation organization

Приложении 19¹ на русском языке «Обеспечение безопасности полетов». В английском варианте он называется *Safety Assurance*. Как показано в [11], более правильным переводом, с учетом того что «обеспечение БП» у нас понимается более широко, было бы «подтверждение» или «гарантия БП». Центральное место в этом компоненте СУБП занимает элемент 3.1 «Контроль и количественная оценка эффективности обеспечения БП».

Проведенный анализ показал, что для оценки БП на уровне Госкорпорации по ОрВД и ее филиалов используются относительные показатели налета часов на один авиационный инцидент (АИ) и количества АИ на 100 тыс. часов налета. При этом из общего числа АИ не выделяются серьезные АИ, которые по степени опасности существенно выше. Учет всех АИ с одинаковым весом при расчете SPI ис-

кажает представление об уровне БП. В то же время при отсутствии АИ за отчетный период SPI в организации будет нулевым, что формально говорит об «идеальном» положении дел с БП. Но одновременно эта же организация может иметь значительное количество несоответствий по записям СОК и (или) замечаний при проверках от Ространснадзора. Эти данные в применяемом в настоящее время показателе БП в СУБП организации вообще не учитываются.

Аналогичная проблема в СУБП других авиапредприятий решается с помощью введения дополнительных показателей БП. Например, в авиакомпаниях («Аэрофлот», S7 и др.) используется «интегральный показатель», разработанный на кафедре БП МИИ ГА (ныне МГТУ ГА) [12] в 80-х годах прошлого века. Под термином «события» при расчете интегрального показателя могут пониматься не только АС (происшествия, инциденты и производственные происшествия), но и «предвестники» — факты,

1 Управление безопасностью полетов. Приложение 19 к Конвенции о международной ГА. 2-е изд. // ИКАО, 2016. 44 с.

влияющие на БП, но не имеющие статуса АС. Показатель основан на отнесении события к одной из «особых ситуаций», что может быть приемлемо для авиакомпании, но трудно интерпретируется для организации по ОВД.

Другим примером такого показателя является показатель «риска, основанного на событии» (EBR), предложенный международной группой ARMS [13]. В этом методе оценка каждого события уровня АИ или предвестника выполняется на основе ответов экспертов на два вопроса:

1. Как близко мы были к АП?
2. Каков был бы ущерб при развитии события?

Ответы обрабатываются с использованием специальной матрицы с получением количественной оценки показателя «классификатор риска события» (ERC) в условных единицах от 0 до 2500. Метод применяется в авиакомпаниях SAS, Finair и др.

Упрощенный вариант оценки, ориентированный на незначительные события, предложен С.А. Толстых [14] для использования в СУБП операторов аэродромов. Расчет «коэффициента риска отклонений и событий» (КРОС) выполняется по формуле

$$KPOC_i = \frac{0,25n_C + n_B + 2n_A}{N_i}, \quad (1)$$

где $KPOC_i$ – показатель уровня БП в i -м периоде (месяц, неделя);

n_A , n_B и n_C – количество событий по категориям риска (А, В, С).

Но в формуле (1) соотношение между весами выражается как 1 : 4 : 8, такие пропорции могут применяться только для незначительных и «средних» по серьезности событий.

Таким образом, рассмотренные показатели не могут быть рекомендованы в качестве сбалансированного SPI для организации ОВД.

Опираясь на проведенное исследование в сложившейся реально структуре отклонений от норм, нарушений и событий при ОВД, предлагается ввести в качестве сбалансированного SPI 4-уровневый показатель $K_{БП-k}$ на 10 тыс. обслуженных полетов за k -й временной интервал:

$$K_{БП-k} = \frac{C_1n_1 + C_2n_2 + C_3n_3 + C_4n_4}{N_k} \times 10000, \quad (2)$$

где n_1 , n_2 , n_3 , n_4 – количество зафиксированных событий в организации за k -й временной интервал по группам серьезности (гр. 1 – минимальная серьезность, гр. 4 – максимальная);

C_1 , C_2 , C_3 , C_4 – коэффициенты веса для отклонений и событий группы (табл. 1).

Подбор весовых коэффициентов методом экспертных оценок

Подбор коэффициентов в формуле (2) выполнен на основе экспертного опроса. Для решения задачи был применен экспертный опрос методом Дельфи, разработанный в конце 1950-х гг. в США [14, 15]. Особенность метода в том, что на первом этапе эксперты выполняют оценки независимо друг от друга, а на следующем этапе каждого эксперта знакомят с результатами оценки группы и проводится следующий тур оценки. Рекомендации по выполнению процедуры методом Дельфи приведены в ГОСТ РФ², и имеется обширная литература по ее применению. Теоретического обоснования метода нет, но он широко применяется для выработки мнения экспертов при решении трудно формализуемых задач.

В соответствии с принципами метода на предварительном этапе была сформирована группа из 10 экспертов с соблюдением конфиденциальности. Были составлены опросники и проведен первый тур опроса. На втором этапе проводилось обсуждение результатов. Наибольшие расхождения на этапе 1 наблюдались у экспертов 3, 4 и 6 для минимальной значимости и у экспертов 3 и 5 для отклонений. Эксперты объяснили это недостаточно четким пониманием задачи. При повторном опросе эксперты 3, 4, 6 внесли поправки, и эти оценки признаны окончательными (табл. 2).

2 ГОСТ Р-58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. М.: Стандартинформ, 2020. 90 с.

Таблица 1
Table 1

Критерии отнесения отклонений и событий к группам серьезности
Criteria for assigning deviations and events to severity groups

№	Серьезность	Примеры	С
1	Минимальная	Незначительные отклонения в работе диспетчера от технологии или фразеологии радиообмена, несущественные ошибки в передаче информации экипажу при проверках или по данным СОК. Отказы средств радиосвязи, навигации, наблюдения со своевременным переключением на резерв. Жалобы экипажей на работу радиосредств, не повлекшие изменения плана или ухода на второй круг	C ₁
2	Средняя	Грубые ошибки диспетчера в технологии работы или фразеологии радиообмена, не приведшие к авиационному событию, но зафиксированные как ПКС по СОК, исправленные экипажем ВС или смежным РЦ. Отказы средств радиосвязи, навигации и наблюдения, осложнившие работу диспетчера или экипажа ВС (по докладам экипажа), но не отнесенные к АС	C ₂
3	Опасная	Авиационные инциденты. Нарушения эшелонирования и сближения ВС, не отнесенные к серьезным инцидентам. Отказы средств радиосвязи, навигации и наблюдения, не отнесенные к серьезным инцидентам	C ₃
4	Критическая	Серьезные авиационные инциденты. Опасные сближения ВС. Отказы средств радиосвязи, навигации и наблюдения, отнесенные к серьезным инцидентам	C ₄

Таблица 2
Table 2

Результаты экспертных оценок весовых коэффициентов
The results of expert assessments of weight coefficients

Эксперт	Оценки экспертов				Σ	Приведение оценок к единой шкале				Σ
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄		C _{11-s}	C _{12-s}	C _{13-s}	C _{14-s}	
1	1	4	7	12	24	0,04	0,17	0,29	0,50	1,00
2	1	5	10	15	31	0,03	0,16	0,32	0,48	1,00
3	1	4	6	12	23	0,04	0,17	0,26	0,52	1,00
4	1	3	6	10	20	0,05	0,15	0,30	0,50	1,00
5	1	3	4	6	14	0,07	0,21	0,29	0,43	1,00
6	2	6	10	15	33	0,06	0,18	0,30	0,45	1,00
7	1	5	8	10	24	0,04	0,21	0,33	0,42	1,00
8	1	3	6	10	20	0,05	0,15	0,30	0,50	1,00
9	1	4	8	10	23	0,04	0,17	0,35	0,43	1,00
10	1	3	7	10	21	0,05	0,14	0,33	0,48	1,00
Средние значения – МО(C _{jm})						0,048	0,172	0,308	0,472	
Нормированные средние C _{jN}						1,000	3,573	6,384	9,781	
Весовые коэффициенты C _j						1	4	6	10	
Среднеквадратические отклонения						0,011	0,024	0,026	0,036	
Коэффициенты вариации						0,228	0,139	0,085	0,076	

Согласованность экспертов оценивалась по коэффициенту вариации как хорошая.

Перевод исходных балльных оценок экспертов C_{ij} к оценкам в единой шкале C_{ij-s} выполнялись по формуле

$$C_{ij-s} = \frac{C_{ij}}{\sum_{j=1}^4 C_{ij}}$$

Рассчитывались нормированные средние значения C_{jN} каждого веса:

$$C_{jN} = \frac{C_{jM}}{C_{1-s}},$$

где C_{jM} – среднее значение веса в единой шкале для j -го коэффициента,

$C_{1-s} = 0,048$ – значение веса для коэффициента C_1 в единой шкале.

Подставляя полученные результаты в формулу (1), получим итоговую формулу расчета показателя уровня БП организации по ОВД:

$$K_{БП-k} = \frac{n_1 + 4n_2 + 6n_3 + 10n_4}{N_k} \times 10000. \quad (3)$$

Расчеты $K_{БП-k}$ по формуле (3) должны выполняться в организации по ОВД ежемесячно, отдельно для службы ОВД (для диспетчеров) и для службы РТОП (для инженеров и техников), и представляться на экране мониторинга.

3. Методы мониторинга SPI при оперативном контроллинге в организации по ОВД

Анализ отклонений в системе управления является одной из важнейших задач оперативного контроллинга [5]. При мониторинге процесса изменения контролируемых величин обнаруживаются отклонения от плановых значений и возникает необходимость решить, лежат ли отклонения в допустимых пределах или их наличие нельзя игнорировать и необходима корректировка. Это в полной мере относится и к SPI.

Используются следующие основные виды мониторинга:

- непосредственный мониторинг показателя;
- методы простого и взвешенного скользящего среднего;
- метод карт Шухарта и кумулятивных сумм.

При непосредственном мониторинге и мониторинге методами скользящего среднего на экран наносятся целевой уровень (SPT) и два пороговых уровня (триггеры), рассчитанные по данным прошлых лет по методике, рекомендованной ИКАО в РУБП ИКАО 3-е изд.³ с учетом поправки, рекомендованной в нашей статье [16].

Диаграмма непосредственного мониторинга показывает превышения триггеров, но имеет пилообразный вид и недостаточно информативна для выявления тенденций. Для сглаживания временных рядов успешно применяются **методы скользящего среднего** [17], которые можно использовать и для показателя БП. При периоде сглаживания 1 квартал (3 мес.) расчет показателя за r -й месяц для скользящего среднего K_C^i выполняется по формуле

$$K_C^r = \frac{w_{r-2}K_{БП}^{r-2} + w_{r-1}K_{БП}^{r-1} + w_r K_{БП}^r}{3},$$

где $K_{БП}^{r-2}$, $K_{БП}^{r-1}$ и $K_{БП}^r$ – показатели за 3 последние месяца;

w_{i-2}, w_{i-1}, w_i – весовые коэффициенты, при этом $w_{r-2} + w_{r-1} + w_r = 3$.

Для простого среднего $w_{r-2} = w_{r-1} = w_r = 1$, а для взвешенного обычно выбираются так, чтобы недавние события учитывались в большей степени, чем удаленные по времени.

В табл. 2 приведены фактические данные одной из организаций по ОВД РФ за 2023 г., а на рис. 2 – диаграммы непосредственного мониторинга $K_{БП}$, а также простого и взвешенного скользящего среднего ($w_{r-2} = 0,75$, $w_{r-1} = 1$, $w_r = 1,25$) по этим данным.

Методы скользящего среднего позволяют получить плавную картину изменения $K_{БП}$,

3 Дос. 9859: Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). 3-е изд. // ИКАО, 2013. 318 с.

Table 3

Данные одной из организаций по ОВД за 2023 г.
Data from one of the ATS organizations for 2023

Уровень событий	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
1	0	3	0	1	9	6	8	23	0	0	0	14
2	12	15	13	22	25	20	16	15	22	17	21	14
3	0	1	0	1	2	1	1	3	0	0	0	2
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВС обл.	43747	38947	44589	45522	51739	55954	59558	61342	61897	57930	55890	46122
К _{БП}	10,97	17,72	11,66	20,87	23,39	16,44	13,10	16,47	14,22	11,74	15,03	17,78
S	-1,93	2,89	1,65	9,62	20,11	23,65	23,84	27,41	28,73	27,57	29,69	34,57

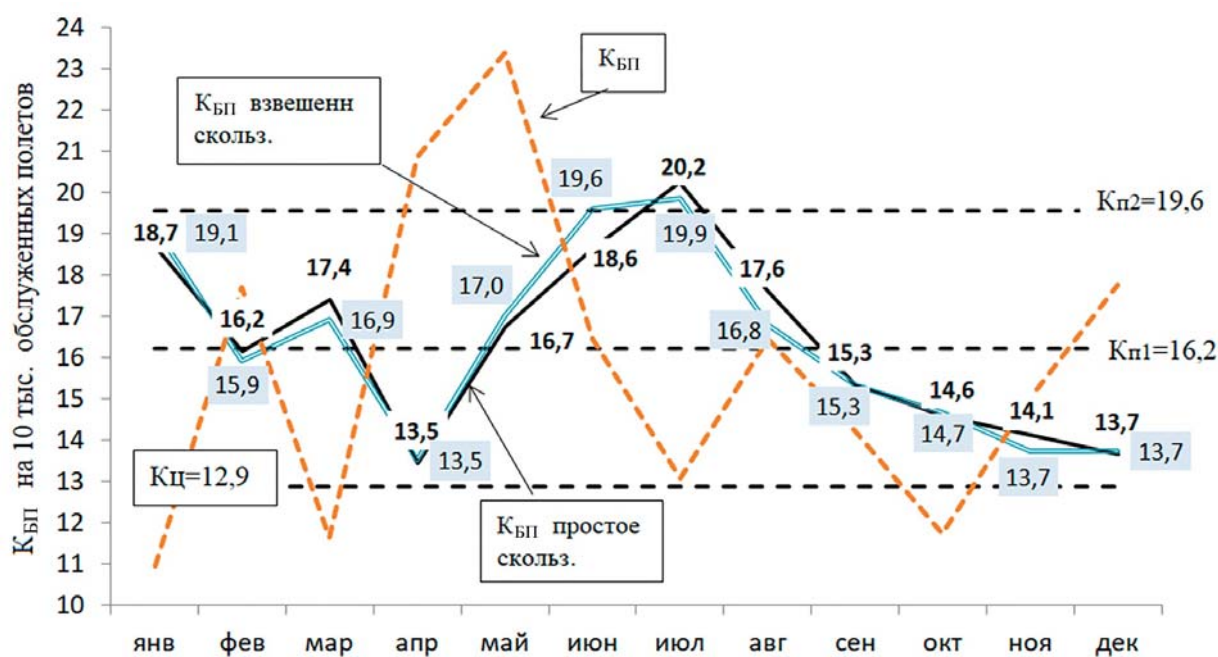


Рис. 2. Мониторинг показателя БП организации по ОВД в 2023 г. различными методами
Fig. 2. Monitoring the SPI of the ATS organization in 2023 by various methods

особенно при его резких колебаниях. Каждое значение представляет собой осредненный показатель за период сглаживания. Метод простого и взвешенного скользящего среднего применяется в некоторых авиакомпаниях для мониторинга различных показателей БП [18].

В контроллинге промышленных предприятий широко применяют методы контрольных

карт Шухарта и карт кумулятивных сумм [19] для выявления «разладок» – отклонений параметров продукции от их целевых значений. В управлении авиакомпаний также имеется опыт применения контрольных карт [4] при решении задачи контроллинга одного из типов.

Наиболее подходящим для задач оценки SPI является **кумулятивный метод, основанный**

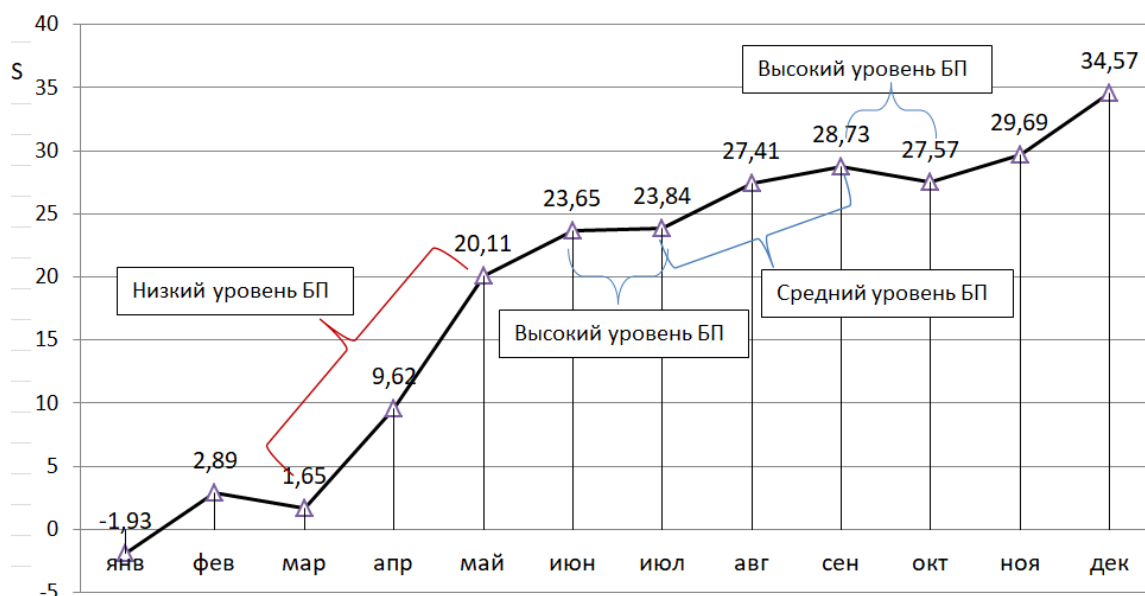


Рис. 3. Карта кумулятивных сумм показателя K_{BP} одной из организаций по ОВД в 2023 г.
Fig. 3. A map of the cumulative amounts of the K_{BP} indicator of one of the ATS organizations in 2023

на учете кумулятивных сумм, рекомендуемый ГОСТ Р ИСО 7870-4-2013⁴.

Формула расчета кумулятивных сумм согласно [19] в принятых обозначениях имеет вид

$$S_r = \sum_{i=1}^r (K_i - K_{ц}) = S_{r-1} + (K_r - K_{ц}). \quad (4)$$

На основе расчетов по формуле (4) по данным табл. 2 построена диаграмма (рис. 3). На графике представлены изменения уровня БП относительно нормативного уровня, который соответствует 0. Метод более нагляден при больших объемах данных и частых наблюдениях.

Для количественной оценки ухудшения показателя ГОСТ рекомендует применять специальные шаблоны, но они хорошо работают для оценки разладки в технологическом процессе или качества продукции, когда вариация оцениваемого параметра менее 10 %.

К тому же эти шаблоны реагируют на отклонения от цели и в меньшую сторону, что для K_{BP} означало бы «слишком высокий» уровень БП. Таким образом, для показателя

БП эти шаблоны неприменимы и критерием может быть наклон кривой графика. По аналогии с разладкой при наклоне 45° и более считается, что процесс вышел из-под контроля и требуются срочные меры регулирования. При малых углах отклонения носят случайный характер, достаточно регулирования. Там, где линия графика горизонтальна или имеет отрицательный наклон, выдерживается как минимум целевой уровень БП.

4. Прогнозирование показателя уровня безопасности полетов

Прогнозирование показателя БП в авиационной деятельности всегда являлось важной задачей, которая также входит в круг задач контроллинга. Рассмотрим два метода прогнозирования: метод на основе экспоненциального сглаживания данных и метод Хольта.

Метод экспоненциального сглаживания применяется для формирования прогноза на один период вперед. Формула для применения метода из [20] в принятых обозначениях:

$$K_{r+1}^n = \alpha K_r^\phi + (1 - \alpha)U, \quad (5)$$

4 ГОСТ Р ИСО 7870-4-2013 Статистические методы. Контрольные карты. Ч. 4. Карты кумулятивных сумм. М.: Стандартинформ, 2013. 52 с.

Таблица 4
Table 4

Фактические данные 2022 г. и прогнозируемые значения ($K_{\text{БП}}$) в 2023 г.
Actual data for 2022 and predicted values ($K_{\text{БП}}$) in 2023

	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
K_r^Φ	19,09	14,70	16,27	13,52	13,61	17,76	5,50	13,90	10,32	18,68	14,00	23,52
Фактические данные и прогноз на 2023 г., MAPE = 20,67 %												
K_r^Φ	10,97	17,72	11,66	20,87	23,39	16,44	13,10	16,47	14,22	11,74	15,03	17,78
K_r^Π	16,48	14,22	15,33	14,36	15,80	16,48	15,74	15,28	15,66	15,39	15,03	15,30
ε_r	0,50	0,20	0,32	0,31	0,32	0,00	0,20	0,07	0,10	0,31	0,00	0,14

где K_{r+1}^Π – прогнозируемое значение показателя;

K_r^Φ – фактическое значение показателя за предыдущий период;

α – параметр сглаживания,

U – экспоненциально взвешенная средняя.

В [20] рекомендуется рассчитывать параметр $\alpha = \frac{2}{n+1}$, где n – число наблюдений в интервале сглаживания. Выполняем прогнозирование $K_{\text{БП}}$ на каждый месяц 2023 г. с учетом данных за 12 месяцев 2022 г. Поэтому при расчете прогноза по месяцам 2023 г. α будет изменяться от $\alpha = \frac{2}{12+1} = 0,167$ до $\alpha = \frac{2}{24+1} = 0,008$.

Параметр U рассчитывается как среднее значение предыдущего периода наблюдения, то есть при расчете прогноза по месяцам 2023 г. U также будет изменяться от среднего за 12 месяцев 2022 г. при прогнозировании $K_{\text{БП}}$ на январь 2023 г. до среднего за 23 месяца при прогнозировании $K_{\text{БП}}$ на декабрь 2023 г. Результаты расчета сведены в табл. 4. В каждой строке рассчитаны относительные погрешности прогноза $\varepsilon_r = \left| \frac{K_r^\Phi - K_r^\Pi}{K_r^\Phi} \right|$, которые используются для расчета средней погрешности MAPE (Mean Absolute Percentage Error [21]):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_r \cdot 100. \quad (6)$$

Прогноз по [20] считается отличным при $10\% > MAPE$, хорошим при

$10\% < MAPE < 20\%$ и удовлетворительным при $20\% < MAPE < 30\%$, то есть прогноз весьма близок к хорошему уровню.

Прогнозирование уровня БП методом Хольта по [20] выполняется на основе экспоненциального сглаживания с учетом тренда.

Рассчитываются значения экспоненциально сглаженного ряда $K_r^{\text{ПС}}$ по формуле

$$K_r^{\text{ПС}} = \alpha K_{r-1}^\Phi + (1 - \alpha)(K_{r-1}^{\text{ПС}} - T_{r-1}), \quad (7)$$

где T_{r-1} – величина тренда за предыдущий период.

Для первого периода принимается $K_r^\Pi = K_r^\Phi$, далее расчет ведется с учетом тренда:

$$T_r = \beta) + (1 - \beta)T_{r-1}, \\ K_r^\Pi = K_{r-1}^\Pi + T_r, \quad (8)$$

где β – коэффициент сглаживания тренда, α и β выбираются в интервале от 0 до 1.

Первоначально задаем $\alpha = \beta = 0,5$. Результаты расчета сведены в табл. 5.

Точность прогноза можно повысить с помощью функции MS Excel «Поиск решения»⁵. Обеспечивается оптимальный подбор коэффициентов $\alpha = 0,16$ и $\beta = 0,65$, что поз-

5 Руководство по использованию функции MS Excel «Поиск решения» [Электронный ресурс] // microexcel.ru. URL: <https://microexcel.ru/funkcziya-poisk-resheniya/?ysclid=lqtb1wapdo508027718#poisk-resheniya-exc-1> (дата обращения: 11.03.2024).

Таблица 5
Table 5

Первоначальное прогнозирование методом Хольта. MAPE = 20,64 %
Initial prediction by the Holt method. MAPE = 20.64%

	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
K_r^ϕ	10,97	17,72	11,66	20,87	23,39	16,44	13,10	16,47	14,22	11,74	15,03	17,78
$K_r^{пс}$	10,97	14,35	12,16	16,64	18,96	16,59	14,88	16,12	15,08	13,63	14,80	16,23
T_r	0,00	1,69	-0,25	2,12	2,22	-0,08	-0,89	0,17	-0,43	-0,94	0,11	0,77
$K_r^п$	10,97	10,97	16,03	11,91	18,75	21,17	16,52	13,99	16,30	14,65	12,68	14,92
$K_r^\phi - K_r^п$	0,00	6,75	-4,37	8,96	4,64	-4,73	-3,42	2,48	-2,08	-2,91	2,35	2,86
ε_r	0,00	0,38	0,38	0,45	0,20	0,29	0,26	0,15	0,15	0,25	0,16	0,16

Таблица 6
Table 6

Прогнозирование методом Хольта с оптимизацией коэффициентов. MAPE = 15,29 %
Prediction by the Holt method with coefficient optimization. MAPE = 15.29%

	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
K_r^ϕ	10,97	17,72	11,66	20,87	23,39	16,44	13,10	16,47	14,22	11,74	15,03	17,78
$K_r^{пс}$	10,97	12,03	11,39	13,02	13,81	13,50	13,35	13,89	13,67	13,39	13,81	14,26
T_r	0,00	0,69	-0,17	1,00	0,86	0,10	-0,06	0,33	-0,03	-0,19	0,20	0,36
$K_r^п$	10,97	10,97	12,72	11,22	14,02	14,68	13,60	13,29	14,22	13,64	13,20	14,01
$K_r^\phi - K_r^п$	0,00	6,75	-1,06	9,65	9,37	1,76	-0,50	3,18	0,00	-1,90	1,83	3,77
ε_r	0,00	0,38	0,09	0,46	0,40	0,11	0,04	0,19	0,00	0,16	0,12	0,21

волило минимизировать целевую функцию MAPE и получить прогноз с MAPE = 15,29 % (табл. 6).

Заключение

Внедрение принципов и философии контроля в авиационную деятельность поможет повысить эффективность управления и в перспективе создать интегрированную систему управления производством, безопасностью и качеством.

Расчет и мониторинг количественных показателей эффективности обеспечения БП (SPI), а также их прогнозирование можно

рассматривать как задачи оперативного контроля.

В настоящее время показатели SPI, применяемые в организациях по ОВД, не отражают объективно уровень безопасности полетов (БП), поскольку:

1) учитываются только авиационные события (АС) без оценки их серьезности;

2) не учитываются ошибки и нарушения персоналом установленных правил и процедур, влияющие на БП, но не приведшие пока к АС. Для устранения этого недостатка разработан сбалансированный SPI на основе экспертного опроса с оценкой согласованности мнений экспертов.

Показаны преимущества мониторинга SPI методами скользящего среднего и кумулятивных сумм по сравнению с непосредственным мониторингом.

На основе реальных данных одной из организаций по ОВД продемонстрированы возможности краткосрочного прогнозирования SPI методом экспоненциального сглаживания и методом Хольта. Показано, что при расчете методом Хольта минимизация целевой функции подбором оптимальных коэффициентов с помощью функции MS Excel «Поиск решения» позволяет существенно улучшить достоверность прогноза.

Предлагаемые методы расчета, мониторинга и прогнозирования SPI не требуют дополнительного ПО и специальных математических знаний работников, поэтому могут быть реализованы на любом авиапредприятии в рамках его СУБП.

Список литературы

1. Гомонко Э.А., Тарасова Т.Ф. Управление затратами на предприятии: учебник. М.: КноРус, 2010. 320 с.
2. Манн Р., Майер Э. Контроллинг для начинающих: пер. с немец. М.: Финансы и статистика, 1992. 208 с.
3. Потылицина Е.А. Генезис понятия «Контроллинг» [Электронный ресурс] // Экономика, управление и учет на предприятии. 2011. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/genezis-ponyatiya-kontrolling?ysclid=lqz2ojj7i210105725> (дата обращения: 31.09.2023).
4. Орлов А.И., Шаров В.Д. Выявление отклонений в Контроллинге (на примере мониторинга уровня безопасности полетов) [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 95. С. 460–469. URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/08.pdf> (дата обращения: 31.09.2023).
5. Карминский А.М., Фалько С.Г., Жевага А.А. Контроллинг: учебник. 3-е изд. / Под ред. А.М. Карминского, С.Г. Фалько. М.: ИНФРА-М, 2013. 336 с.
6. Гришунин С.В., Муханова Н.В., Сулоева С.В. Разработка концепции риск-контроллинга для промышленного предприятия // Организатор производства. 2018. Т. 26, № 1. С. 45–56. DOI: 10.25065/1810-4894-2018-26-1-45-56
7. Муталов С.В., Мусина Д.Р. Формирование системы контроллинга промышленной безопасности в нефтегазовой компании [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. № 4. С. 341–352. DOI: 10.17122/ogbus-2014-4-341-352 (дата обращения: 31.09.2023).
8. Калинин В.В. Контроллинг, как инструмент обеспечения экономической и технологической безопасности высокотехнологических компаний оборонно-промышленного комплекса РФ // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 2-2. С. 273–278.
9. Морданов М.А. Система контроллинга как основа эффективного управления рисками деятельности отечественных авиакомпаний // ЭТАП: Экономическая теория, анализ, практика. 2020. № 6. С. 150–162. DOI: 10.24411/2071-6435-2020-10059
10. Пономарева Е.В. Контроллинг на предприятии: учеб. пособие. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета управления и экономики, 2012. 188 с.
11. Шаров В.Д., Елисеев Б.П., Воробьев В.В. Анализ недостатков в описании процедур управления риском безопасности полетов в документах ИКАО // Научный Вестник МГТУ ГА. 2019. Т. 22, № 2. С. 49–61. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-2-49-61
12. Большедворская Л.Г., Воробьев В.В., Зубков Б.В. и др. Безопасность полетов гражданских воздушных судов: учебник / Под ред. В.В. Воробьева. М.: ИД Академии Жуковского, 2021. 440 с.
13. Nisula J. Operational risk assessment. Next generation methodology [Электронный ресурс] // skybrary.aero. 2009. URL: <https://skybrary.aero/bookshelf/operational-risk-assessment-next-generation-methodology-presentation-jari-nisula-behalf-th> (дата обращения: 10.12.2023).

14. Толстых С.А. Методика управления безопасностью полетов в деятельности операторов аэродромов: дисс. ... канд. тех. наук. М.: МГТУ ГА, 2022. 128 с.

15. Habibi A., Sarafrazi A., Izdyar S. Delphi technique theoretical framework in qualitative research // The International Journal of Engineering and Science (UES). 2014. Vol. 3, iss. 4. Pp. 8–13.

16. Шаров В.Д., Образцов Р.А., Поляков П.М. О показателях безопасности полетов, их целевых и пороговых уровнях // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2023. № 43. С. 145–155.

17. Орлова И.В. Экономико-математическое моделирование: практ. пособ. по решению задач. М.: ВЗФЭИ, 2008. 142 с.

18. Гузий А.Г. Система управления безопасностью полетов эксплуатанта воздушных судов. Курс обучения персонала авиакомпании / А.Г. Гузий, А.М. Лушкин, А.В. Мишин, Д.А. Ширяев, под ред. А.Г. Гузиева. М.: ИД Академии Жуковского, 2021. 182 с.

19. Орлов А.И. Искусственный интеллект: статистические методы анализа данных: учебник. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 843 с.

20. Бутакова М.М. Методы экономического прогнозирования: учеб. пособие. 2-е изд. испр. М.: КноРус, 2000. 168 с.

21. Kim S., Kim H. A new metric of absolute percentage error for forecasts of intermittent demand // International Journal of Forecasting. 2016. Vol. 32, iss. 3. Pp. 669–679. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2015.12.003

References

1. Gomonko, E.A., Tarasova, T.F. (2010). Enterprise cost management: Textbook. Moscow: KnoRus, 320 p. (in Russian)

2. Mann, R., Mayer, E. (1992). Controlling for beginners. Translation from German. Moscow: Finansy i Statistika, 208 p. (in Russian)

3. Potylitsina, E.A. (2011). Genesis of the concept of “controlling”. *Ekonomika, upravleniye i uchet na predpriyatii*, no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/genezis-ponya>

tiya-kontrolling?ysclid=lqz2ojj7i210105725 (accessed: 31.09.2023). (in Russian)

4. Orlov, A.I., Sharov, V.D. (2014). Detection of deviations in controlling system (for example, monitoring the level of flight safety). *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, no. 95, pp. 460–469. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/08.pdf> (accessed: 31.09.2023). (in Russian)

5. Karminsky, A.M., Falko, S.G., Zhevaga, A.A. (2013). Controlling: Textbook. 3rd ed., in Karminsky A.M., Falco S.G. (Ed.). Moscow: INFRA-M, 336 p. (in Russian)

6. Grishunin, S.V., Mukhanova, N.V., Suloeva, S.B. (2018). Development of concept of risk controlling for industrial enterprise. *Organizer of Production*, vol. 26, no. 1, pp. 45–56. DOI: 10.25065/1810-1894-2018-26-1-45-56 (in Russian)

7. Mutalov, S.V., Musina, D.R. (2014). The industrial safety system formation in oil and gas company. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal “Neftegazovoye delo”*, no. 4, pp. 341–352. DOI: 10.17122/ogbus-2014-4-341-352 (accessed: 31.09.2023). (in Russian)

8. Kalinin, V.V. (2019). Controlling as a tool for ensuring economic and technological security of high-tech companies of the Russian military-industrial complex. *Vestnik Altayskoy Akademii Ekonomiki i Prava*, no. 2-2, pp. 273–278. (in Russian)

9. Mordanov, M.A. (2020). Controlling system as a basis for effective risk management of domestic airlines. *ETAP: Ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika*, no. 6, pp. 150–162. DOI: 10.24411/2071-6435-2020-10059

10. Ponomareva, E.V. (2012). Controlling at the enterprise: Tutorial. St. Petersburg: Izdatelstvo Sankt-Peterburgskogo universiteta upravleniya i ekonomiki, 188 p. (in Russian)

11. Sharov, V.D., Eliseev, B.P., Vorobyov, V.V. (2019). Analysis of deficiencies in the procedures for the risk management of safety in the ICAO documents. *Civil Aviation High Technologies*, vol. 22, no. 2, pp. 49–61. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-2-49-61 (in Russian)

12. Bolshedvorskaya, L.G., Vorobiev, V.V., Zubkov, B.V. et al. (2021). Flight safety of civil aircraft: Textbook, in Vorobiev, V.V., Zubkov, B.V. et al. (Eds.). Moscow: INFRA-M, 336 p. (in Russian)

biev V.V. (Ed.). Moscow: Izdatelskiy Dom Akademii Zhukovskogo, 440 p. (in Russian)

13. Nisula, J. (2009). Operational risk assessment. Next generation methodology. skybrary.aero. Available at: <https://skybrary.aero/bookshelf/operational-risk-assessment-next-generation-methodology-presentation-jari-nisula-behalf-th> (accessed: 10.12.2023).

14. Tolstykh, S.A. (2022). Methodology for managing flight safety in the activities of airfield operators: Cand of Tech. Sc. Thesis. Moscow: MGTU GA, 128 p. (in Russian)

15. Habibi, A., Sarafrazi, A., Izdyar, S. (2014). Delphi technique theoretical framework in qualitative research. *The International Journal of Engineering and Science (UES)*, vol. 3, issue 4, pp. 8–13.

16. Sharov, V.D., Obratsov, R.A., Polyakov, P.M. (2023). About safety performance indicators, their targets and triggers. *Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (GosNII GA)*, no. 43, pp. 145–155. (in Russian)

17. Orlova, I.V. (2008). Economic and mathematical modeling: practical guide to problem solving. Moscow: VZFEI, 142 p. (in Russian)

18. Guziy, A.G., Lushkin, A.M., Mishin, A.V., Shiryaev, D.A. (2021). The aircraft operator's flight safety management system. Airline staff training course, in Guziy A.G. (Ed.). Moscow: Izdatelskiy Dom Akademii Zhukovskogo, 182 p. (in Russian)

19. Orlov, A.I. (2022). Artificial intelligence: statistical methods of data analysis: Textbook. Moscow: Ay Pi Ar Media, 843 p. (in Russian)

20. Butakova, M.M. (2000). Methods of economic forecasting: Tutorial. 2nd ed., ispr. Moscow: CnoRus, 168 p. (in Russian)

21. Kim, S., Kim, H. (2016). A new metric of absolute percentage error for forecasts of intermittent demand. *International Journal of Forecasting*, vol. 32, issue 3, pp. 669–679. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2015.12.003

Сведения об авторах

Образцов Роман Александрович, начальник отдела организации использования воздушного пространства и радиотехнического обеспечения полетов МТУ ЦР ФАВТ Министерства транспорта Российской Федерации, obrazcov1311@mail.ru.

Шаров Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности Московского государственного технического университета гражданской авиации, v.sharov@mstuca.aero.

Information about the authors

Roman A. Obratsov, the Head of the Department for the Organization of the Use of Airspace and Radio Engineering Support of Flights of the Central Interregional Territorial Administration of Air Transport of the Central Areas of the Federal Air Transport Agency, Ministry of Transport of the Russian Federation, obrazcov1311@mail.ru.

Valeriy D. Sharov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Life and Flight Safety Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, v.sharov@mstuca.aero.

Поступила в редакцию

13.03.2024

Received

13.03.2024

Одобрена после рецензирования

10.04.2024

Approved after reviewing

10.04.2024

Принята в печать

23.05.2024

Accepted for publication

23.05.2024