
СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

Научная статья

УДК 629.734; DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-8-15

КОМПЛЕКСНЫЙ УЧЕТ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ АТМОСФЕРЫ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ АВИАЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

✉ Бобров Владимир Николаевич;

Калач Андрей Владимирович.

Воронежский институт ФСИН России, г. Воронеж, Россия

✉ bvn280167@rambler.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований основных свойств атмосферы, оказывающих влияние на безопасность полетов авиации в экстремальных условиях. Показано, что деление атмосферы на слои с различными физическими свойствами позволяет оценить безопасность визуальных полетов воздушных судов на малых и предельно малых высотах при выполнении специальных авиационных работ. Совершенствование методов получения, обработки и интерпретации полученной информации об основных свойствах атмосферы, оказывающих влияние на безопасность полетов авиации, осуществляется на основе информации о вертикальном профиле показателя преломления атмосферы. Полученные результаты позволяют оценить преломляющие свойства и турбулентность атмосферы для исключения ошибок визуального определения пространственного положения воздушного судна относительно наземных объектов экипажем, выполняющим специальные авиационные работы, а также для информирования экипажей воздушных судов о зонах «болтанки» в экстремальных условиях.

Ключевые слова: обеспечение безопасности, авиация, стратификация атмосферы, турбулентность атмосферы, «болтанка», показатель преломления атмосферы

Для цитирования: Бобров В.Н., Калач А.В. Комплексный учет информации о состоянии атмосферы при обеспечении безопасности полетов авиации в экстремальных условиях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 2 (74). С. 8–15. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-8-15

Scientific article

COMPREHENSIVE ACCOUNTING OF INFORMATION ON THE STATE OF THE ATMOSPHERE WHILE ENSURING THE SAFETY OF AVIATION FLIGHTS IN EXTREME CONDITIONS

✉ Bobrov Vladimir N.;

Kalach Andrey V.

Voronezh institute of the federal penitentiary service of Russia, Voronezh, Russia

✉ bvn280167@rambler.ru

Abstract. The results of studies of the main properties of the atmosphere that affect the safety of aviation flights in extreme conditions are presented. It is shown that the division of the atmosphere into layers with different physical properties makes it possible to assess the safety

of visual aircraft flights at low and extremely low altitudes when performing special aviation operations. The improvement of methods for obtaining, processing and interpreting information about the basic properties of the atmosphere that affect aviation safety is based on information about the vertical profile of the refractive index of the atmosphere. The results obtained make it possible to evaluate the refractive properties and turbulence of the atmosphere in order to eliminate errors in the visual determination of the spatial position of the aircraft relative to ground objects by the crew performing special aviation work, as well as to inform aircraft crews about areas of turbulence in extreme conditions.

Keywords: safety, aviation, atmospheric stratification, atmospheric turbulence, turbulence, atmospheric refractive index

For citation: Bobrov V.N., Kalach A.V. Comprehensive accounting of information on the state of the atmosphere while ensuring the safety of aviation flights in extreme conditions // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2025. № 2 (74). P. 8–15. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-8-15.

Введение

В настоящее время оперативное реагирование и эффективные действия при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС), ликвидации последствий стихийных бедствий в МЧС России обеспечиваются за счет применения авиации и авиационно-спасательных технологий. Авиация применяется при решении задач, связанных с проведением авиационно-спасательных работ, выполнением специальных авиационных работ, обеспечением управления и связи, выполнением воздушных перевозок, а также при решении задач, поставленных руководством МЧС России¹. Решение таких задач авиацией МЧС России осуществляется как самостоятельно, так и с привлечением сил и средств авиации других министерств и ведомств Российской Федерации.

В настоящее время авиация МЧС России представляет собой сложную систему, предназначенную для выполнения задач по ликвидации ЧС различного характера силами и средствами МЧС России. Она имеет различные типы воздушных судов (ВС), в том числе и беспилотные. Авиацией МЧС России выполняется широкий спектр работ, связанных с ликвидацией ЧС и их последствий, с перевозкой людей и материальных средств из зон стихийных бедствий, с проведением поисково-спасательных и аварийных работ и т.д.² [1–3].

Следует также отметить, что применение авиации при выполнении специальных авиационных работ, связанных, например, с ликвидацией ландшафтных пожаров, осуществляется в сложных погодных условиях и выполняется на малых и предельно малых высотах полета. Непрерывные изменения физических свойств окружающей среды приводят к возникновению в атмосфере опасных для авиации экстремальных условий, оказывающих влияние на безопасность полетов ВС.

В настоящее время получение информации об изменениях свойств окружающей среды в условиях ЧС не всегда представляется возможным [4, 5]. В целях обеспечения безопасности полетов авиации необходимо, помимо анализа результатов инструментальных измерений метеорологических величин, осуществлять комплексный анализ параметров атмосферы, позволяющих в реальном масштабе времени оценить динамику изменения физических свойств атмосферы, в том числе обусловленных ЧС.

¹Об утверждении Методических рекомендаций по применению авиации и авиационно-спасательных технологий в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказ МЧС России от 1 окт. 2018 г. № 418. Доступ из инф.-правового портала «Гарант»

² Там же.

Анализ причин авиационных катастроф и происшествий показывает, что причиной их возникновения являются: человеческий фактор (ошибки пилотирования, диспетчерских служб, плохое самочувствие летного состава), технический фактор (отказ, неисправность или поломка бортовой техники, некачественное топливо), погодные условия (туман, низкая облачность, турбулентность, резкое изменение температуры воздуха, сдвиг ветра) [6–9].

Безопасность полетов авиации определяется не только фактическим состоянием окружающей среды, но и влиянием ЧС на изменение физических свойств атмосферы, например, ландшафтным пожаром. Такие изменения влекут за собой формирование в атмосфере слоев, в которых наблюдается трансформация оптических свойств атмосферы, приводящих к ошибкам достоверного визуального определения местоположения наземных объектов с борта ВС, а также к возникновению в этих слоях мощных разнонаправленных вертикальных движений воздуха, вызывающих «болтанку» ВС [9–11].

Обеспечение безопасности полетов авиации осуществляется как по информации о результатах инструментальных измерений (атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра у земной поверхности) и высотам, так и по результатам физического анализа состояния всей атмосферы.

Методы исследований

Объектом исследования является вертикальное распределение гидрометеорологических величин в атмосфере. Основными методами исследования являлись результаты наземных наблюдений на метеорологических и автоматических радиометеорологических станциях, а также результаты наблюдений, полученные с помощью радиозондов. Результатом является информация о температуре и влажности воздуха, атмосферном давлении, скорости и направлении ветра от земной поверхности и до высоты порядка 30–40 км. В дальнейшем используется «метод частицы», основанный на анализе движения изолированной массы воздуха (частицы), позволяющий определить устойчивость стратификации атмосферы. Восходящие и нисходящие движения воздуха устанавливаются, исходя из величины вертикального градиента температуры воздуха. Использование информации об изменении значений температуры частицы относительно изменений температуры окружающего воздуха позволяет прогнозировать развитие в атмосфере мощных конвективных движений, приводящих к образованию опасных явлений погоды, оказывающих влияние на безопасность полетов авиации. Предлагается устойчивость атмосферы определять по информации о вертикальном изменении показателя преломления. В данном подходе он выступает в качестве комплексной характеристики атмосферы как функции атмосферного давления, температуры и влажности воздуха.

Результаты исследования и их обсуждение

Известно, что при анализе состояния атмосферы главным источником информации служат сведения о ее вертикальном градиенте температуры γ . Фактические численные значения данного параметра сравнивают с численными значениями сухоадиабатического градиента температуры γ_a , что позволяет охарактеризовать воздушную массу на предмет вертикальных движений в ней [9].

Анализ данных вертикального зондирования атмосферы позволяет выявить слои, в которых основные ее характеристики меняются хаотично и случайным образом во времени при неизменных внешних условиях, что позволяет выделить следующие типы стратификации [9–13]:

– неустойчивая стратификация $\gamma > \gamma_a$: характерно падение температуры с высотой быстрее, чем на $1^\circ\text{C}/100$ м, температура частицы всегда будет выше температуры среды, а плотность частицы – меньше плотности среды, то есть частица за счет силы плавучести будет двигаться вверх;

– безразличная стратификация $\gamma = \gamma_a$: температура с высотой изменяется на величину $1^\circ\text{C}/100$ м, температура частицы на всех уровнях будет равна температуре среды, а плотность частицы будет равна плотности среды, то есть сила плавучести не возникает;

– устойчивая стратификация $\gamma < \gamma_a$: температура падает с высотой медленнее, чем на $1^\circ\text{C}/100$ м, частица всегда будет возвращаться в исходное положение после прекращения действия внешних сил. С практической точки зрения представляют интерес два случая: $\gamma = 0$ и $\gamma < 0$, что соответствует изотермии и инверсии температуры.

Атмосфера находится в непрерывном движении, которое носит случайный и хаотичный характер. Численные значения метеорологических элементов изменяются в широком диапазоне как по вертикали, так и по горизонтали, принимая экстремальные значения. Такое турбулентное движение атмосферы описывается универсальным инструментом – числом Ричардсона (Ri), которое измеряет отношение потенциальной энергии к кинетической в атмосфере [9–11].

Анализ стабильности атмосферы определяется с использованием известного соотношения:

$$Ri = \frac{g(\gamma - \gamma_a)}{T\beta^2}, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; T – температура воздуха, K ; β – вертикальный градиент средней скорости ветра, $\text{м}/\text{с}$.

Становится возможным по формуле (1) сравнить силу плавучести из-за различий в температуре с силой сдвига из-за различий в скорости ветра. При значениях $1 < Ri < 10$ атмосфера устойчива и стабильна, воздушные частицы не перемещаются по вертикали. Значения $0,1 < Ri < 0,25$ характеризуют переходное состояние атмосферы от устойчивой к неустойчивой стратификации, а при значениях $Ri < 0,1$ в атмосфере имеет место неустойчивая стратификация: воздушные частицы поднимаются или опускаются из-за сил плавучести.

Известно, что турбулентные движения атмосферы вызывают «болтанку» ВС и в зависимости от ее интенсивности приводят к возникновению предпосылок к авиационным происшествиям или авиационным катастрофам на всех этапах полета ВС [7, 8]. Оценка интенсивности «болтанки» ВС осуществляется по шкале, связанной со значениями числа Ri .

Слабой «болтанке» соответствуют незначительные толчки и покачивания ВС, не влияющие на действия экипажа, технику пилотирования и эшелон полета в этой зоне ($0,5 < Ri < 1$).

Умеренная «болтанка» сопровождается резкими толчками и бросками ВС, оказывает влияние на действия экипажа, нарушает технику пилотирования, эшелон и курс полета на отдельных участках в этой зоне ($0 < Ri < 0,5$).

При сильной «болтанке» наблюдаются броски ВС в пространстве, оказывающие перегрузки на экипаж, техника пилотирования осуществляется тоже с большими перегрузками на конструкцию ВС, значительные отклонения от эшелона и курса полета в этой зоне, неправильные действия экипажа приводят к авиационным катастрофам ($Ri < 0$) [12–16].

Информация о численных значениях Ri при выполнении экипажем визуальных полетов на малых и предельно малых высотах в экстремальных условиях, связанных с ликвидацией ландшафтных пожаров, позволяет оценить влияние турбулентности атмосферы на допустимые нагрузки, технику пилотирования, изменение скорости и высоты полета ВС, что обеспечит безопасность выполнения полетов.

С другой стороны, число Ri , характеризующее метеорологические свойства стратифицированной атмосферы, позволяет судить об изменениях плотности воздуха, приводящих к изменению преломляющих свойств атмосферы, описываемых показателем

преломления (n), являющимся функцией атмосферного давления, температуры и влажности воздуха. Скорость изменения показателя преломления атмосферы определяется величиной его градиента ($\partial n / \partial z$) и с учетом стратификации атмосферы, а также плотности воздуха описывается известным соотношением:

$$\frac{\partial n}{\partial z} = (n_0 - 1) \frac{\rho}{\rho_0 T} (\gamma - \gamma_a), \quad (2)$$

где ρ_0 и ρ – соответственно, плотность воздуха на нижней и верхней границах слоя толщиной z .
С учетом (1) можно преобразовать (2) к виду:

$$\frac{\partial n}{\partial z} = (n_0 - 1) \frac{\rho}{\rho_0} \left(\frac{Ri \beta^2}{g} \right). \quad (3)$$

Число Ричардсона можно представить с учетом (2) как:

$$Ri = \frac{g \left((n_0 - 1) \frac{\rho}{\rho_0} \right)}{\frac{\partial n}{\partial z} \beta^2}. \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что число Ричардсона зависит от градиента показателя преломления атмосферы и тем больше, чем меньше градиент показателя преломления, и наоборот [17].

Информация о значениях градиента показателя преломления атмосферы позволяет оценить возможные ошибки определения достоверного положения объектов на земной поверхности экипажем ВС при выполнении визуальных полетов в экстремальных условиях при ликвидации ландшафтных пожаров на малых и предельно малых высотах. Зависимость величины ошибок визуального определения положения наземных объектов от значений вертикального градиента показателя преломления достаточно подробно изложена в работах [16, 18]. Следствием таких ошибок является посадка ВС вне границ взлетно-посадочной полосы, потеря пространственной ориентации экипажа ВС при сбросе огнетушащих веществ над очагом ландшафтного пожара.

Заключение

Таким образом, в настоящее время выполнение специальных авиационных работ осуществляется в экстремальных условиях, когда физические характеристики окружающей среды в условиях развития ЧС изменяются непрерывно и случайным образом. При обеспечении безопасности полетов авиации в экстремальных условиях не всегда возможно получение в реальном времени достоверных сведений о пространственно-временном распределении метеорологических элементов как у земной поверхности, так и по высотам. Это связано с удаленностью районов ЧС от информационных источников, а организация инструментальных измерений параметров атмосферы возможна в ограниченном объеме и у земной поверхности.

Возникающие вследствие ландшафтного пожара экстремальные изменения температуры и влажности воздуха формируют в атмосфере мощные турбулентные движения различной интенсивности, оказывающие влияние на безопасность пилотирования ВС как за счет изменений плотности воздуха, так и за счет изменений скорости и направления ветра.

Комплексный учет информации о пространственно-временном изменении метеорологических параметров атмосферы, ее стратификации, градиента показателя преломления атмосферы позволит рассчитать число Ричардсона и по его численным значениям судить о состоянии атмосферы и ее влиянии на безопасность полетов авиации.

Информация о значениях числа Ричардсона, рассчитанная на основе информации о значениях градиента показателя преломления атмосферы, позволит по выражениям (2–4) оценить устойчивость атмосферы, ее преломляющие свойства и выявить зоны «болтанки» ВС по высотам.

Проведение качественного физического анализа состояния атмосферы позволяет усовершенствовать существующие подходы к обеспечению безопасности полетов по информации о значениях числа Ричардсона. Необходимо провести повышение безопасности полетов авиации при выполнении специальных видов работ согласно подходу, при котором оперативное получение информации о вертикальном профиле основных параметров, характеризующих свойства атмосферы, в реальном времени. Оперативное получение информации о турбулентности атмосферы, ее преломляющих свойствах позволит информировать экипажи ВС, выполняющие визуальные полеты на малых и предельно малых высотах, связанные с ликвидацией ландшафтных пожаров, о визуальных ошибках при определении пространственного положения наземных объектов, а также о зонах «болтанки» ВС.

Полученная информация о физических свойствах атмосферы, динамике их изменения во времени и пространстве служит необходимым условием для повышения качества прогностической информации, используемой при обеспечении безопасности полетов авиации в экстремальных условиях в реальном времени на всех этапах принятия решений.

Список источников

1. Закирова Л.З. Влияние экстремальных метеорологических условий на полет вертолета // Вестник Академии гражданской авиации. 2021. № 3 (22). С. 38–45. DOI: 10.53364/24138614_2021_22_3_38.
2. Городниченко И.А., Хамаев Д.В., Солодухин Н.С. Явления погоды как факторы угрозы безопасности полетов воздушных судов // Вестник науки. 2024. Т. 3. № 7 (76). С. 311–317.
3. Никитенко Ю.В., Тарасенко Д.Ю., Ковалеров А.Е. Применение авиации для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. № 1-1 (4). С. 382–387.
4. Аржаков М.В. Теория конфликта и ее приложения. Воронеж: Изд-во Кварта, 2005. 252 с.
5. Матвеев М.Г., Михайлов В.В. Оптимизация использования стохастической информации при принятии управленческих решений // Системы управления и информационные технологии. 2006. № 1 (23). С. 85–89.
6. Рыков А.С. Системный анализ: Модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации. М.: МИСиС, 2009. 607 с.
7. Анализ факторов, влияющих на безопасность полета беспилотных летательных аппаратов. Причины авиационных происшествий беспилотных летательных аппаратов и способы их предотвращения / С.П. Гулевич [и др.] // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 12. С. 14.
8. Дьячков Д.В., Золотарев О.В. Анализ факторов статистики авиакатастроф на основе исследования множества факторов // Физико-техническая информатика (СРТ2020): материалы 80-й Междунар. конф. Н. Новгород, 2020. С. 289–320.
9. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. 640 с.
10. Stull R.V. An introduction to boundary layer meteorology. Springer Science & Business Media, 2012. Т. 13.
11. Garratt J.R. The atmospheric boundary layer // Earth-Science Reviews. 1994. Т. 37. № 1-2. С. 89–134.
12. Day J.A. The Book of Cloud. Sterling Publishing Company, Inc., 2005. P. 127.
13. Баранов А.М. Облака и безопасность полетов. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 203 с.

14. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 616 с.
15. Bobrov V.N., Nakhmanson G.S. Seasonal and diurnal variations of the vertical profile of the refractive index in the atmospheric surface layer // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2002. № 12. P. 27–29.
16. Bobrov V.N., Nakhmanson G.S. The influence of vertical distribution of the atmospheric refractive index on the visual detection of a runaway from an aircraft // *Russian meteorology and hydrology*. 2003. № 1. P. 42–46.
17. Ковадло П.Г., Шиховцев А.Ю. Исследование оптической турбулентности в условиях сильно устойчивой термической стратификации атмосферы // *Известия Иркутского государственного университета. Сер.: Науки о Земле*. 2015. Т. 12. С. 23–34.
18. Бобров В.Н. Учет информационных ресурсов градиентной атмосферы при проектировании электронных средств контроля // *Проектирование и технология электронных средств*. 2013. № 2. С. 51–54.
19. Бобров В.Н., Корчагин В.В. Построение математической модели случайного положения воздушного судна при заходе на посадку // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 6. С. 22.

References

1. Zakirova L.Z. Vliyanie ekstremal'nyh meteorologicheskikh uslovij na polet vertoletov // *Vestnik Akademii grazhdanskoj aviacii*. 2021. № 3 (22). S. 38–45. DOI: 10.53364/24138614_2021_22_3_38.
2. Gorodnichenko I.A., Hamaev D.V., Soloduhin N.S. Yavleniya pogody kak faktory ugrozy bezopasnosti poletov vozдушnyh sudov // *Vestnik nauki*. 2024. Т. 3. № 7 (76). S. 311–317.
3. Nikitenko Yu.V., Tarasenko D.Yu., Kovalerov A.E. Primenenie aviacii dlya likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij // *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij*. 2015. № 1-1 (4). S. 382–387.
4. Arzhakov M.V. Teoriya konflikta i ee prilozheniya. Voronezh: Izd-vo Kvarta, 2005. 252 s.
5. Matveev M.G., Mihajlov V.V. Optimizaciya ispol'zovaniya stohasticheskoj informacii pri prinyatii upravlencheskih reshenij // *Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii*. 2006. № 1 (23). S. 85–89.
6. Rykov A.S. Sistemnyj analiz: Modeli i metody prinyatiya reshenij i poiskovoj optimizacii. M.: MISiS, 2009. 607 s.
7. Analiz faktorov, vliyayushchih na bezopasnost' poleta bespilotnyh letatel'nyh apparatov. Prichiny aviacionnyh proisshestvij bespilotnyh letatel'nyh apparatov i sposoby ih predotvrashcheniya / S.P. Gulevich [i dr.] // *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.E. Baumana*. 2012. № 12. S. 14.
8. D'yachkov D.V., Zolotarev O.V. Analiz faktorov statistiki aviakatastrof na osnove issledovaniya mnozhestva faktorov // *Fiziko-tekhnicheskaya informatika (SRT2020): materialy 80-j Mezhdunar. konf. N. Novgorod, 2020*. S. 289–320.
9. Matveev L.T. Osnovy obshchej meteorologii. Fizika atmosfery. SPb.: Gidrometeizdat, 2000. 640 s.
10. Stull R.B. An introduction to boundary layer meteorology. Springer Science & Business Media, 2012. Т. 13.
11. Garratt J. R. The atmospheric boundary layer // *Earth-Science Reviews*. 1994. Т. 37. № 1-2. S. 89–134.
12. Day J.A. The Book of Cloud. Sterling Publishing Company, Inc., 2005. P. 127.
13. Baranov A.M. Oblaka i bezopasnost' poletov. L.: Gidrometeizdat, 1983. 203 s.
14. Vorob'ev, V.I. Sinopticheskaya meteorologiya. L.: Gidrometeizdat, 1991. 616 s.
15. Bobrov V.N., Nakhmanson G.S. Seasonal and diurnal variations of the vertical profile of the refractive index in the atmospheric surface layer // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2002. № 12. P. 27–29.

16. Bobrov V.N., Nakhmanson G.S. The influence of vertical distribution of the atmospheric refractive index on the visual detection of a runaway from an aircraft // Russian meteorology and hydrology. 2003. № 1. R. 42–46.

17. Kovadlo P.G., Shihovcev A.Yu. Issledovanie opticheskoy turbulentsnoy v usloviyah sil'no ustojchivoj termicheskoy stratifikacii atmosfery // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Nauki o Zemle. 2015. T. 12. S. 23–34.

18. Bobrov V.N. Uchet informacionnyh resursov gradientnoj atmosfery pri proektirovanii elektronnyh sredstv kontrolya // Proektirovanie i tekhnologiya elektronnyh sredstv. 2013. № 2. S. 51–54.

19. Bobrov V.N., Korchagin V.V. Postroenie matematicheskoy modeli sluchajnogo polozheniya vozdušnogo sudna pri zahode na posadku // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. № 6. S. 22.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 08.04.2025; одобрена после рецензирования: 05.06.2025; принята к публикации: 16.06.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 08.04.2025; approved after review: 05.06.2025; accepted for publication: 16.06.2025

Информация об авторах:

Бобров Владимир Николаевич, начальник факультета подготовки научно-педагогических кадров Воронежского института ФСИН России (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1 а), кандидат технических наук, доцент, e-mail: bvn280167@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5474-2411>, SPIN-код: 3240-5750

Калач Андрей Владимирович, начальник кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну Воронежского института ФСИН России (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1 а), доктор химических наук, профессор, e-mail: a_kalach@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8193-6489>, SPIN-код: 2584-7456

Information about the authors:

Bobrov Vladimir N., head of the faculty of training of scientific and pedagogical personnel of Voronezh institute of the Federal penitentiary service of Russia (394072, Voronezh, Irkutskaya str., 1a), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: bvn280167@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5474-2411>, SPIN: 3240-5750

Kalach Andrey V., head of the department of information security and protection of information constituting a state secret of Voronezh institute of the Federal penitentiary service of Russia (394072, Voronezh, Irkutskaya str., 1a), doctor of chemical sciences, professor, e-mail: a_kalach@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8193-6489>, SPIN: 2584-7456