

УДК 001.891.3
Научная специальность: 3.2.6
EDN: CCFUXS

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2025

Обоснование рациональных мест размещения аварийно-спасательных сил на основе риск-ориентированных подходов

Дурнев Р.А.,

Российская академия ракетных и артиллерийских наук,

107564, Россия, г. Москва,
1-я Мясниковская ул., д. 3,
стр. 3

Жданенко И.В.*,

Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий),
121352, Россия, г. Москва,
ул. Давыдовская, д. 7

Свиридок Р.В.,

Главное управление «Национальный центр управления в кризисных ситуациях» МЧС России,
121357, Россия, г. Москва,
ул. Ватутина, д. 1

Эркинов Ж.Д.,

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
125993, Россия, г. Москва,
Волоколамское шоссе, д. 4

Аннотация

В статье предложен методический подход к определению рациональных мест размещения аварийно-спасательных сил на территории обслуживания. Приведен условный пример расчета координат мест размещения с учетом количества пострадавших и применяемых сил в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: аварийно-спасательные силы; рациональные места размещения; методический подход; метод «взвешенных координат»; «вес» чрезвычайной ситуации.

Для цитирования: Дурнев Р.А., Жданенко И.В., Свиридок Р.В., Эркинов Ж.Д. Обоснование рациональных мест размещения аварийно-спасательных сил на основе риск-ориентированных подходов // Проблемы анализа риска. 2025. Т. 22. № 2. С. 58–65. — EDN: CCFUXS

Заявленный вклад авторов:

Дурнев Р.А. — методические основы определения рациональных мест размещения;

Жданенко И.В. — пример расчета координат мест размещения;

Свиридок Р.В. — анализ статистики выживания пострадавших при неоказании им медицинской помощи;

Эркинов Ж.Д. — установление весов для рациональных мест размещения.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Justification of Rational Locations of Emergency and Rescue Forces Based on Risk-Oriented Approaches

Roman A. Durnev,

Russian Academy of Missile and Artillery Sciences,
1-ya Myasnikovskaya str., 3/3,
Moscow, 107564, Russia

Irina V. Zhdanenko*,

All-Russian Scientific Research Institute for Civil Defence and Emergencies of the EMERCOM of Russia (Federal Science and High Technology Center),
Davydovskaya str., 7, Moscow,
121352, Russia

Roman V. Sviridok,

National Crisis Management Center EMERCOM of Russia,
Vatutin str., 1, Moscow, 121357,
Russia

Jamshid D. Erkinov,

Moscow Aviation Institute (National Research University),
Volokolamskoe shosse, 4,
Moscow, 125993, Russia

Abstract

The article offers a methodological approach to determining the rational locations of emergency rescue forces in the service area. A conditional example of calculating the coordinates of locations is given, taking into account the number of victims and the forces used in emergency situations.

Keywords: emergency rescue forces; rational locations; methodical approach; method of «weighted coordinates»; «weight» of the emergency situation.

For citation: Durnev R.A., Zhdanenko I.V., Sviridok R.V., Erkinov Jam.D. Justification of rational locations of emergency and rescue forces based on risk-oriented approaches // Issues of Risk Analysis. 2025;22(2):58-65. (In Russ.). — EDN: CCFUXS

Contribution of the authors:

Roman A. Durnev — methodological bases for determining rational locations;
Irina V. Zhdanenko — example of location coordinates calculation;
Roman V. Sviridok — analysis of statistics on the survival of victims when they do not receive medical care;
Jamshid D. Erkinov — establishment of scales for rational locations.

The authors declare no conflict of interest

Содержание

Введение

1. О целесообразности определения рациональных мест размещения аварийно-спасательных сил
2. Подходы к определению рациональных мест размещения
3. Пример определения рациональных мест размещения аварийно-спасательных сил

Заключение

Список источников

Введение

Анализ статистики чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера свидетельствует о некоторой стабилизации за последние 10–15 лет значений показателей количества ЧС (рис. 1) и последствий от них¹.

Это позволяет говорить о том, что в настоящее время возможно более качественное (в смысле стабильности прогнозных оценок, исключения необходимости учета избыточности для достижения гарантированных результатов при значительной флуктуации статистики) планирование мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС. Одним из таких мероприятий является размещение аварийно-спасательных сил (АСС) на обслуживаемой территории.

1. О целесообразности определения рациональных мест размещения аварийно-спасательных сил

Очевидно, что при нерациональном размещении, когда места базирования (расположения, дислокации) удалены от ожидаемых мест возникновения ЧС, будут наблюдаться значительные затраты времени на доставку формирований АСС, необходимых материальных и иных ресурсов для аварийно-спасательных работ (АСР). Для наземных средств доставки АСС эти затраты еще в большей степени увеличиваются на пути следования в связи с возможной перегруженностью автомобильных дорог, наличием разного рода разрушений, заражений, загрязнений и т.п. Все это будет приводить к повышенному расходу моторесурсов, горюче-смазочных материалов, увеличению стоимости доставки (особенно для воздушных средств), усилению утомления спасателей, находящихся длительное время в процессе доставки.

Но, самое главное то, что задержка прибытия АСС и начала АСР приводят к увеличению гибели пострадавших, которым вовремя не была оказана медицинская или другие виды помощи. Известно, например, что существуют оценки ожидаемого времени выживания пострадавших при неоказании им медицинской помощи (табл. 1)² [1–3].

¹ О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Государственные и другие доклады за 1989–2023 гг. М.: Штаб ГО СССР, ГКЧС, МЧС России.

² Справка по медико-санитарным последствиям ДТП за 1998–1999 гг. М.: ВЦМК «Защита», 2000.

При превышении этих сроков наблюдается «лавинообразное» увеличение количества безвозвратных потерь населения, особенно для пострадавших со средней, тяжелой и крайне тяжелой степенями тяжести состояния (рис. 2):

Причем такое положение характерно для условий, не осложненных непосредственным влиянием поражающих факторов источников ЧС на население в очагах поражения. При воздействии пожаров, задымлений, химических заражений и т. п. на раненых и травмированных людей сроки выживания катастрофически уменьшаются. В связи с этим задача определения рациональных мест размещения АСС на территории обслуживания является актуальной.

2. Подходы к определению рациональных мест размещения

В работах, посвященных установлению рациональных мест размещения АСС, наземных и воздушных транспортных средств, предназначенных для выполнения определенных работ в заданной зоне обслуживания (городе, области, регионе и т.п.) [4, 5] используется метод «взвешенных координат». Он заключается в том, что в зоне обслуживания определяются ожидаемые места и объемы выполняемых работ, которым, в зависимости от их важности и масштаба, присваиваются соответствующие веса. Координаты мест ожидаемых работ взвешиваются (умножаются на нормированные веса) и суммируются:

$$x_u = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}; \tag{1}$$

$$y_u = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i},$$

где:

x_u, y_u — координаты места расположения сил и средств (км);

$i = 1, 2, \dots, n$ — номера работ;

n — количество работ (ед.);

α_i — вес i -той работы;

x_i — абсцисса места выполнения i -той работы (км);

y_i — ордината места выполнения i -той работы (км).

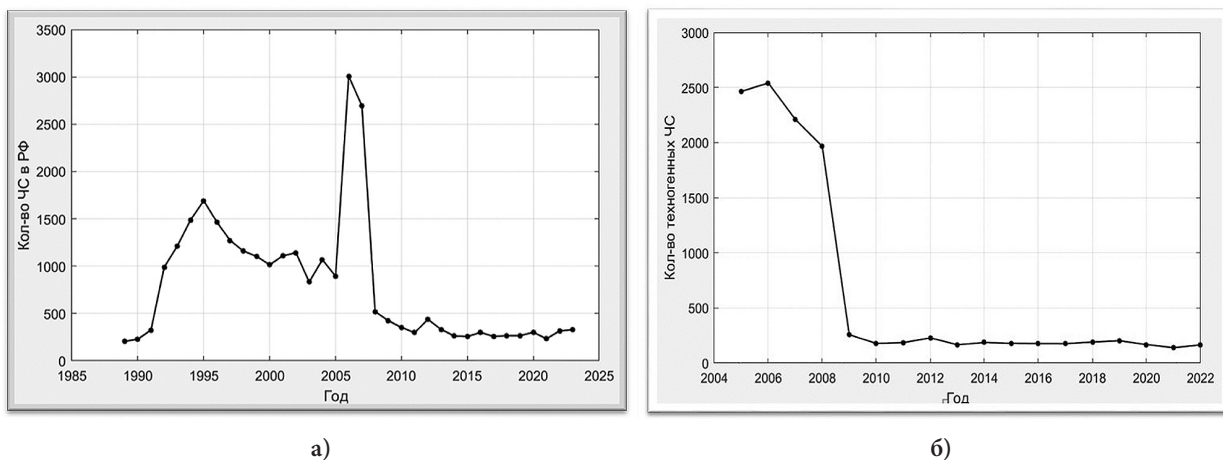


Рис. 1. Статистика ЧС по годам³: а — общее количество ЧС, б — количество ЧС техногенного характера

Figure 1. Emergency statistics by years⁴: a — total number of emergencies, b — number of man-made emergencies

Таблица 1. Распределение пострадавших по степени тяжести состояний и среднее время их выживания при неоказании медицинской помощи

Table 1. Distribution of victims by severity of conditions and the average time of their survival in case of non-provision of medical care

Степень тяжести состояния	% пострадавших	Среднее время выживания пострадавших, мин.
Крайне тяжелая	9	8,56
Тяжелая	23	31,39
Средняя	25	102,22
Легкая	43	-*)

*) — легкая степень не рассматривается в связи с тем, что, по оценке специалистов, летальность пострадавших с этой степенью тяжести состояния при неоказании им медицинской помощи на месте ЧС практически исключена.

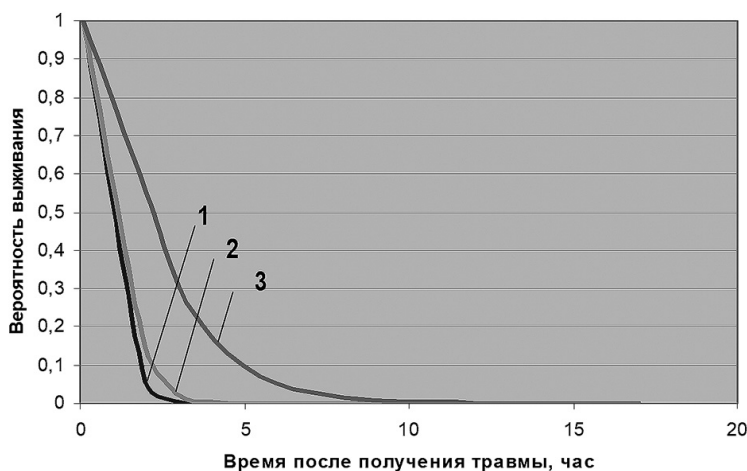


Рис. 2. Вероятность выживания пострадавших с различными степенями тяжести состояния (1 — крайне тяжелое, 2 — тяжелое, 3 — средней тяжести) при неоказании им медицинской помощи

Figure 2. Probability of survival of victims with various degrees of severity of the condition (1 — extremely severe, 2 — severe, 3 — moderate) if they do not receive medical care

³ О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Государственные и другие доклады за 1989–2023 гг. М.: Штаб ГО СССР, ГКЧС, МЧС России.

⁴ Там же.

В результате находятся координаты места, равноудаленного от ожидаемых мест выполнения рассматриваемых работ с учетом их веса.

В работе [4] в качестве веса используются различные показатели: количество населения в зоне ЧС, площадь зоны ЧС, произведение количества населения в зоне ЧС на вероятность наступления данной ЧС. В работе [5] под весом понимается относительное количество ДТП в определенной части зоны обслуживания. Использование этих подходов способствует снижению материальных затрат и потерь времени на прибытие АСС к месту спасения людей в ЧС, снижает количество безвозвратных потерь населения, а также улучшает прогноз и уменьшает затраты на лечение пострадавших, попадающих в категорию санитарных потерь.

3. Пример определения рациональных мест размещения аварийно-спасательных сил

Для определения рациональных мест размещения АСС в настоящей работе использовалась статистика ЧС на территории Московской области за 2020–2024 гг. Ее условный фрагмент приведен в табл. 2:

С применением данных из табл. 2 могут определяться рациональные места размещения АСС на территории обслуживания. Это могут быть не только места постоянной дислокации АСС, но и места временного дежурства удаленного состава сил и средств, хранения запасов материальных средств (например, аварийно-спасательного оборудования, тяжелой инженерной техники, средств жизнеобеспечения пострадавших, имущества пунктов временного пребывания (ПВП) пострадавших и т.п.).

В качестве исходных данных используются координаты места ЧС (например, центры участков автомобильных дорог, геометрические центры населенных пунктов и т.д.), а также веса этих ЧС, связанных с количеством пострадавших, погибших, спасенных людей, размерами материального ущерба, применяемыми силами и средствами. Это позволяет определить координаты места, равноудаленного от ожидаемых мест выполнения АСР при ЧС с учетом значимости этих работ.

В таблице 3 приведены примеры расчетов с использованием формулы (1) по определению рациональных мест размещения АСС с точки зрения количества пострадавших и применяемых сил, а на рис. 3 показаны эти места.

На рисунке обозначены: сплошная черная линия — граница территории обслуживания; звездочка — место ЧС; $N(x; y)$ — координаты места N .

С учетом характера имеющихся статистических данных в табл. 3 возможно применение следующих весов, необходимых для определения:

- по числу пострадавших — для установления мест размещения аварийно-спасательных и медицинских формирований, запасов средств для обеспечения доступа к пострадавшим и оказания им догоспитальной медицинской помощи;
- по числу спасенных — для установления мест формирований, запасов средств для эвакуации людей, их размещения в ПВП, обеспечения предметами первой необходимости;
- по числу погибших — для установления мест медицинских, криминалистических и других формирований и запасов средств для констатации фактов гибели, установления личности и т.п.;
- по ущербу — для установления мест размещения формирований и запасов средств для развертывания ПВП, бригад восстановления коммунально-энергетических и других сетей;
- по силам — для установления мест размещения различных эшелонов сил, планирования взаимодействия между привлекаемыми силами;
- по средствам — для установления мест размещения пунктов размещения техники, особенно тяжелой инженерной, дорожной, строительной и др.

Кроме того, помимо данных табл. 3, возможно использование дополнительной информации, например, по времени развития ЧС и ее последствий. К примеру, если время свершения ДТП и реализации его последствий, связанных с гибелью людей при неоказании им помощи (из-за кровотечений, болевого шока и т.п.) — это минуты/десятки минут; для пожаров — десятки минут; для аварий на ХОО — часы (в связи с временем передвижения первичных и вторичных облаков аварийно-химически опасных веществ (АХОВ)), то можно грубо упорядочить (проранжировать) по времени развития ЧС: 1 — ДТП, 2 — пожары, 3 — аварии на ХОО, то:

$$\alpha_j = \frac{2^{m-j}}{2^m - 1}, \quad (2)$$

где:

- α_j — вес ЧС (по времени развития);
- j — ранг ЧС;
- m — количество ЧС.

Таблица 2. Фрагмент условной статистики ЧС

Table 2. Fragment of conditional emergency statistics

Место ЧС, координаты (x; y)	Время ЧС	Вид ЧС	Пострадало	Спасено	Погибло	Ущерб	Силы	Средства
Населенный пункт N, (60;150)	04.04.2020	Авария на химически опасном объекте	5	50	3	97	396	84
Автомобильная дорога L, (180; 240)	01.07.2020	ДТП с участием легкового автомобиля и микроавтобуса	10	10	0	30	30	10
Населенный пункт M, (300; 50)	04.08.2020	Пожар в жилом здании	2	0	2	52	43	13

Таблица 3. Примеры расчетов по определению рациональных мест размещения АСС

Table 3. Examples of calculations to determine rational locations of emergency and rescue forces

Величина по формуле (1)	Данные и расчеты для количества пострадавших	Данные и расчеты для применяемых сил
α_i	$\alpha_N = 5; \alpha_L = 10; \alpha_M = 2$	$a_N = 396; a_L = 30; a_M = 43$
$\sum_{i=1}^n \alpha_i$	17	469
$\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot x_i$	$5 \cdot 60 + 10 \cdot 180 + 2 \cdot 300 = 2700$	$396 \cdot 60 + 30 \cdot 180 + 43 \cdot 300 = 42060$
$\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot y_i$	$5 \cdot 150 + 10 \cdot 240 + 2 \cdot 50 = 3250$	$396 \cdot 150 + 30 \cdot 240 + 43 \cdot 50 = 68750$
x_u	$2700/17 \approx 159$	$42060/469 \approx 90$
y_u	$3250/17 \approx 191$	$68750/469 \approx 147$

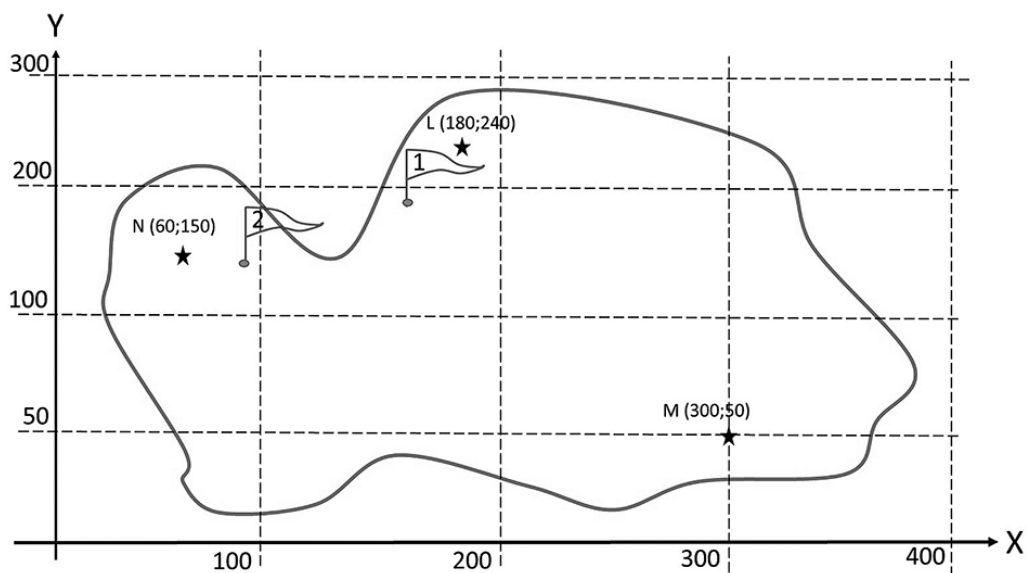


Рис. 3. Рациональные места размещения АСС с точки зрения количества пострадавших (флажок с номером 1) и применяемых сил (флажок с номером 2)

Figure 3. Rational locations of emergency and rescue forces in terms of the number of victims (flag number 1) and the forces used (flag number 2)

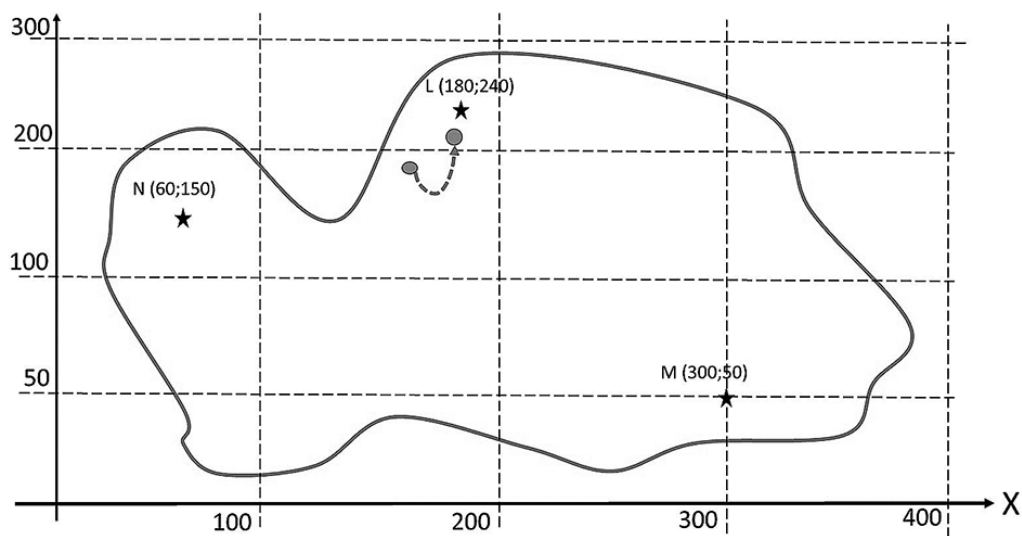


Рис. 4. Изменение координат рационального места размещения АСС при учете времени развития ЧС

Figure 4. Change of coordinates of the rational location of emergency and rescue forces taking into account the time of emergency development

С использованием формулы (2) [6] возможно рассчитать вес ЧС с точки зрения времени развития. Для рассматриваемых ситуаций он будет равен 0,57 — для ДТП, 0,29 — для пожаров и 0,14 — для аварий на ХОО. Умножая полученные веса на соответствующие величины в формуле (1) получим (для количества пострадавших):

$$x_{и} = \frac{0,14 \cdot 5 \cdot 60 + 0,57 \cdot 10 \cdot 180 + 0,29 \cdot 2 \cdot 300}{0,14 \cdot 5 + 0,57 \cdot 10 + 0,29 \cdot 2} \approx 178;$$

$$y_{и} = \frac{0,14 \cdot 5 \cdot 150 + 0,57 \cdot 10 \cdot 240 + 0,29 \cdot 2 \cdot 50}{0,14 \cdot 5 + 0,57 \cdot 10 + 0,29 \cdot 2} \approx 215.$$

Из рис. 4 видно, что рациональное месторасположение становится ближе к месту возникновения ДТП.

При наличии статистики по времени развития ЧС и их последствий можно, не используя формулу (2), с требуемой точностью рассчитывать указанные веса. Аналогичные расчеты можно выполнить и с учетом распределения ЧС по классам с точки зрения применяемого оборудования (аварийно-спасательный инструмент, пожарная техника, техника для дегазации и т.п.) и в других случаях.

Особый интерес представляет устойчивость координат рационального места размещения АСС во времени. Для этого возможно отдельно за определенный период, например за год или сезон (может быть характерным для ДТП), определять такие рациональные места и оценивать, насколько оно

«перемещается» т.е. изменяются его координаты. Если такие изменения незначительны, то нет смысла проводить мероприятия по передислокации таких мест. При значительных изменениях и высокой устойчивости таких изменений имеет смысл оценка целесообразности перемещения мест дислокации АСС с учетом затрат и выгод на такие перемещения. Для этого также можно проранжировать года возникновения ЧС (например, 1 ранг — последнему году, 2 — предпоследнему и т.д.), рассчитать их веса и заново определить рациональные места размещения АСС.

Заключение

Следует отметить, что регулярные расчеты по определению таких мест будут способствовать и косвенному выявлению тенденций к изменению уровня безопасности определенных территорий, населенных пунктов, природоохранных и других зон. Так, к примеру, повышение отказов оборудования на ХОО (вследствие его износа) может не приводить к изменению позиций руководства таких объектов и к декларированию повышенных рисков ЧС, связанных с авариями на ХОО. Но изменение расчетных координат «ближе» к ХОО в определенной степени будет сигнализировать об ухудшении ситуации.

В следующей статье авторами будут приведены результаты расчетов с использованием реальной статистики ЧС по Московской области за 2020–2024 гг. и сформулированы предложения по использованию рассмотренного методического подхода.

Список источников [References]

1. Дурнев Р.А., Сломянский В.П. Методика обоснования рациональных мест размещения АСФ для спасения пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2001. № 3 [Durnev R. A., Slomyansky V. P. Methodology for justification of rational ERT locations for rescue of victims of road accidents // Safety and Emergencies Problems. 2001;(3). (In Russ.)]
2. Особенности ведения АСР с применением вертолетов легкого класса. Справка-доклад. М.: ВНИИ ГОЧС, 2000. [Features of ERO using light class helicopters. Help-report. M.: VNIИ GOCHS, 2000. (In Russ.)]
3. Гончаров С.Д., Лобанов Г.П. Закономерности формирования медико-санитарных последствий землетрясения. Методика прогнозирования санитарных потерь // Доклад на научно-практической конференции. Хабаровск: 1995 [Goncharov S. D., Lobanov G. P. Patterns of the formation of medical and sanitary consequences of the earthquake. Methodology for predicting sanitary losses // Report at a scientific and practical conference. Khabarovsk: 1995. (In Russ.)]
4. Запорожец А. И. Методика определения рационального территориального размещения аварийно-спасательных средств войск ГО с учетом особенностей регионов МЧС России. Материалы диссертации на соискание ученой степени к.т.н. М.: ВНИИ ГОЧС, 1998 [Zaporozhets A. I. Methodology for determining the rational territorial deployment of emergency rescue equipment of the civil defense forces, taking into account the peculiarities of the regions of the EMERCOM of Russia. Materials of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences. M.: VNIИ GOChS, 1998. (In Russ.)]
5. Лукошавичене О. В. Моделирование дорожно-транспортных происшествий. М.: Транспорт, 1988. 93 с. [Lukoševičienė O. V. Road accident modeling. M.: Transport, 1988. 93 p. (In Russ.)]
6. Дурнев Р.А. Технологии подготовки диссертационных работ в области защиты от чрезвычайных ситуаций: Научно-методическое издание / Р.А. Дурнев, Е.М. Мещеряков. М.: ВНИИ ГОЧС, 2016. 336 с. ISBN 978-5-93970-162-4. — EDN WEKKRB [Durnev R. A. Technologies for the preparation of dissertations in the field of protection against emergencies: Scientific and methodological publication / R. A. Durnev, E. M. Meshcheryakov. . M.: VNIИ GOChS, 2016. 336 p. ISBN 978-5-93970-162-4. — EDN WEKKRB. (In Russ.)]

Сведения об авторах

Дурнев Роман Александрович: академик Российской академии ракетных и артиллерийских наук, доктор технических наук, доцент, первый вице-президент, ФГБУ «Российская академия ракетных и артиллерийских наук»

Количество публикаций: более 302

Область научных интересов: социальные технологии управления риском ЧС, прогнозирование развития системы вооружения

SPIN-код: 3267-1337

Контактная информация:

Адрес: 107564, г. Москва, 1-я Мясниковская ул., д. 3, стр. 3
rdurnev@rambler.ru

Жданенко Ирина Васильевна: старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий)

Количество публикаций: более 108

Область научных интересов: анализ рисков

SPIN-код: 7747-6337

Контактная информация:

Адрес: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7
izhdanenko@yandex.ru

Свиридок Роман Викторович: начальник аналитического управления Главного управления «Национальный центр управления в кризисных ситуациях» МЧС России

Количество публикаций: 3

Область научных интересов: безопасность и анализ риска ЧС
SPIN-код: 3927-7899

Контактная информация:

Адрес: 121357, г. Москва, ул. Вагютина, д. 1
roman_sviridok@mail.ru

Эркинов Жамшид Дилшод оглы: студент ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт» (национальный исследовательский университет)

Количество публикаций: 0

Область научных интересов: промышленная безопасность и экология природопользования

Контактная информация:

Адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4
Jam.erkinov@outlook.com

Статья поступила в редакцию: 14.03.2025

Одобрена после рецензирования: 24.03.2025

Принята к публикации: 03.04.2025

Дата публикации: 30.04.2025

The article was submitted: 14.03.2025

Approved after reviewing: 24.03.2025

Accepted for publication: 03.04.2025

Date of publication: 30.04.2025