

УДК 53.089.6

ФОРМИРОВАНИЕ ЛОГИКИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ В МЧС РОССИИ

Гарелина Светлана Александровна, Любкин Роман Николаевич
Академия гражданской защиты МЧС России, г. Химки, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлена логическая структура риск-ориентированного подхода к организации поверки средств измерений в системе МЧС России. Обоснована необходимость перехода от административно-территориального принципа планирования поверок к научно обоснованным методам, учитывающим вероятность возникновения, пространственно-временное распределение и тяжесть последствий чрезвычайных ситуаций различного характера и масштаба. Предложена научно-методическая структура, включающая классификацию средств измерений по функциональным классам, разработку математических моделей количественной оценки ущерба от их изъятия из эксплуатации и последовательность этапов минимизации совокупных потерь. В качестве инструментов применены экспоненциальные зависимости для описания снижения эффективности аварийно-спасательных работ, линейная и вероятностная модели по критерию Гурвица для анализа потерь радиационного мониторинга в условиях неопределенности и изменчивости исходных параметров. Сформулирована логика риск-ориентированного планирования поверки: приоритизация применения подвижных метрологических лабораторий, оптимизация маршрутов их движения, рациональное распределение остаточных объемов поверки и обоснование целесообразности расширения лабораторной мощности. Реализация предложенного подхода обеспечивает количественную оценку совокупного ущерба, повышение эффективности управления ресурсами и устойчивости метрологической системы МЧС России в условиях неопределенности и риска.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, средства измерения, поверка, комплексная методика, математический аппарат, канал поверки, приоритет поверки

Для цитирования: Гарелина С. А., Любкин Р. Н. Формирование логики риск-ориентированного планирования поверки средств измерений в МЧС России // Техносферная безопасность. 2025. № 4 (49). С. 183–193.

FORMATION OF THE LOGIC OF RISK-ORIENTED PLANNING OF METROLOGICAL TESTING IN THE RUSSIAN MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS

Svetlana A. Garelina, Roman N. Lyubkinh
Civil Defence Academy EMERCOM of Russia, Khimki, Russian Federation

Abstract. The article presents the logical structure of a risk-based approach to the organization of verification of measuring instruments in the EMERCOM of Russia system. The necessity of transition from the administrative-territorial principle of planning checks to scientifically based methods that take into account the probability of occurrence, spatial and temporal distribution and severity of the consequences of emergency situations of various nature and scale is substantiated. A scientific and methodological structure is proposed, including the classification of measuring instruments by functional classes, the development of mathematical models for quantifying damage from their decommissioning, and a sequence of steps to minimize cumulative losses. Exponential dependencies were used as tools to describe the decrease in the effectiveness of emergency rescue operations, linear and probabilistic models according to the Hurwitz criterion for analyzing radiation monitoring losses in conditions of uncertainty and variability of initial parameters. The logic of risk-based verification planning is formulated: prioritization of the use of mobile metrological laboratories, optimization of their movement routes, rational distribution of residual verification volumes and justification of the expediency of expanding laboratory capacity. The implementation of the proposed approach provides a quantitative assessment of the cumulative damage, improving the efficiency of resource management and the sustainability of the Russian Emergencies Ministry's metrological system in conditions of uncertainty and risk.

Keywords: metrological support, measuring instruments, calibration, comprehensive methodology, mathematical apparatus, calibration channel, calibration priority

For Citation: Garelina S. A., Lyubkin R. N. Formation of the logic of risk-oriented planning of metrological testing in the Russian Ministry of Emergency Situations // Technospheric safety. 2025. № 4 (49). Pp. 183–193.

Введение

Средства измерений (далее — СИ) являются неотъемлемым элементом технического оснащения МЧС России, обеспечивающим выполнение задач на всех этапах деятельности в сфере гражданской обороны, предупреждения и ликвидации ЧС. В состав аварийно-спасательного оборудования входят СИ для контроля параметров дыхательных аппаратов, давления в гидравлических и пневмосистемах, работы насосно-рукавного хозяйства, а также газоанализаторы, дозиметры, тепловизоры и иные приборы, необходимые для объективной оценки обстановки и обе-

спечения безопасности личного состава [1–4].

Эффективность применения СИ напрямую зависит от состояния метрологического обеспечения — совокупности организационных, технических и методических мероприятий, направленных на поддержание единства и достоверности измерений. Обязательная поверка измерительных приборов подтверждает их пригодность к эксплуатации и является условием поддержания высокой технической готовности подразделений МЧС России [5–7].

В настоящее время планирование поверок в системе МЧС России осуществляется по административно-территориальному

принципу, преимущественно на основе установленных межповерочных интервалов. Такой подход не учитывает вероятностный характер возникновения ЧС и их возможные последствия. В результате даже в зонах повышенного риска (например, на территориях с радиационным загрязнением) может происходить одновременное изъятие значительной части приборов на поверку. Это снижает техническую готовность подразделений и уменьшает эффективность систем радиационного и экологического мониторинга.

Существующая система организации поверок не предусматривает анализа и количественной оценки рисков, связанных с временным отсутствием приборов в эксплуатации, и, соответственно, не учитывает эти риски при составлении графиков поверок. Игнорирование вероятностных факторов приводит к неэффективному распределению ресурсов — временных, транспортных и кадровых. В результате подразделения, работающие в зонах низкой опасности, обслуживаются с тем же приоритетом, что и объекты, расположенные в районах с высоким риском ЧС.

Для повышения эффективности метрологического обеспечения в системе МЧС России требуется переход к риск-ориентированным методам планирования поверок, основанным на оценке вероятности возникновения и последствий возможных ЧС. Такой подход включает:

- анализ вероятности возникновения ЧС в период отсутствия конкретного прибора;
- прогнозирование последствий временного вывода приборов из эксплуатации для проведения аварийно-спасательных работ (далее — АСР) и радиационного мониторинга;

- определение рациональной последовательности поверок и распределения ресурсов между территориальными подразделениями.

Реализация риск-ориентированного подхода позволит минимизировать совокупные потери, повысить достоверность измерений, сократить время восстановления готовности подразделений и обеспечить непрерывность мониторинга при ограниченных ресурсах.

Актуальной научной задачей является разработка научно-методического аппарата, обеспечивающего рациональное обоснование параметров системы организации поверки СИ в МЧС России. В его структуру должны входить:

- оптимизация выбора каналов поверки: ФКУ «Центр материально-технического и метрологического обеспечения МЧС России» (далее — Центр МТМО), коммерческая аккредитованная метрологическая организация, подвижные метрологические лаборатории (далее — ПМЛ);
- приоритизация территориальных органов по уровню риска;
- разработка логистических схем движения ПМЛ;
- формирование критериев эффективности метрологического обеспечения с учетом вероятности и тяжести последствий ЧС.

Внедрение данного научно-методического аппарата позволит обеспечить устойчивое функционирование метрологической системы МЧС России, повысить надежность измерительных средств, сократить сроки их изъятия из эксплуатации и тем самым снизить потенциальный ущерб от ЧС.

Основная часть

Для обеспечения целостности подхода в научно-методическом аппарате целесообразно рассматривать СИ, используемые в МЧС России, которые составляют свыше 90 % от общего парка применяемых СИ. Эти СИ предлагается разделить на три класса в зависимости от их назначения, характера эксплуатации и влияния на эффективность АСР и радиационного мониторинга.

Класс С1. СИ давления/вакуума для АСР. Это приборы, непосредственно применяемые при проведении АСР для контроля параметров давления и вакуума. Доступные каналы поверки: выездные метрологические группы с применением ПМЛ, Центр МТМО [8], коммерческая аккредитованная метрологическая организация. Эффект изъятия на поверку: снижение готовности подразделений к выполнению АСР за счет временного вывода приборов из эксплуатации, что приводит к увеличению времени реагирования территориального органа или учреждения МЧС России.

Класс С2. СИ радиационного контроля для АСР. Включают переносные, носимые, бортовые (установленные на технике) и постовые приборы, применяемые в повседневной и оперативной деятельности подразделений, но не входящие в состав стационарной сети радиационного мониторинга. Доступные каналы поверки: Центр МТМО и коммерческая аккредитованная организация. Эффект изъятия на поверку: снижение готовности подразделений к проведению радиационной разведки и контролю в ходе АСР.

Класс С3. Стационарные посты автоматизированной системы мониторинга ЧС

(далее — АСМЧС) комплексной системы мониторинга за состоянием защиты населения (далее — КСМ-ЗН) [5]. Обеспечивают непрерывное наблюдение за радиационной обстановкой на обслуживаемой территории. Доступные каналы поверки состоят из Центра МТМО и коммерческих аккредитованных организаций. Благодаря их применению, эффект изъятия на поверку приводит к снижению пространственного охвата сети мониторинга и, как следствие, уменьшению вероятности своевременного обнаружения радиационного выброса.

Такое структурирование позволяет проследить, как изъятие конкретных классов СИ влияет на потенциальный ущерб. Для количественной оценки этого влияния требуется разработать математический аппарат, который позволит связать время отсутствия приборов в эксплуатации с потерями эффективности АСР и мониторинга, а также обусловленным этими потерями ущербом. Для практического применения требуется разработка методик, направленных на снижение этого ущерба.

Изъятие СИ на поверку, особенно приборов классов С1 и С2, напрямую влияет на оперативность и качество проведения АСР, что влечет снижение их эффективности и рост потенциального ущерба. Для формализации этого влияния в работе [9] разработан математический аппарат, позволяющий количественно оценить потери эффективности АСР при различных режимах изъятия СИ. В основу модели положены зависимости между временем выполнения аварийно-спасательных операций и их эффективностью, описываемые экспоненциальными функциями

$$K1 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1} = e^{-\alpha \omega T \frac{mM}{m-1}}, \quad (1)$$

а для аварий, носящих катастрофический характер,

$$K2 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon 2} = \left(\frac{12}{12 + \frac{mM}{m-1}} \right) \beta e^{-\alpha \omega T \frac{mM}{m-1}}, \tag{2}$$

где:

m — количество партий отправки СИ на поверку, ед.;

M — время поверки СИ, мес.;

α, β — показатель для различных ЧС;

$\omega = N_{\text{чс}} / 12$ — количество происшествий, аварий в месяц, ЧС/мес., где $N_{\text{чс}}$ — число ЧС за год;

T — время ликвидации ЧС k -го типа при использовании всех СИ N , мес.

Формулы (1)–(2) позволяют оценивать изменение ущерба в зависимости от длительности поверки, числа партий и выбранного канала поверки. Применение данного аппарата обеспечивает возможность обоснования рационального плана поверки СИ для территориальных органов и учреждений МЧС России, при котором совокупный ущерб от снижения эффективности АСР и затрат на поверку минимален.

Изъятие СИ, применяемых для радиационного контроля, оказывает прямое влияние на качество и непрерывность функционирования сетей мониторинга, входящих в состав КСМ-ЗН и АСМЧС. Временное вы-

ведение постов из работы приводит к снижению пространственного охвата и вероятности своевременного обнаружения радиационного выброса, что, в свою очередь, увеличивает ожидаемый ущерб. Для формализации этих процессов в работе разработаны математические зависимости, отражающие снижение эффективности мониторинга при поверке приборов радиационного контроля.

В качестве базового инструмента использована линейная модель, описывающая рост ущерба как функцию доли выведенных постов и длительности их бездействия

$$B(\Delta N, M) = B_0 + (B_{\text{max}} - B_0) \Delta N \cdot M / (NT), \tag{3}$$

где:

B — ущерб, возникающий при изъятии СИ с постов мониторинга на поверку;

N — количество СИ;

ΔN — количество изъятых СИ;

M — время, на протяжении которого пост мониторинга не работает;

B_0 — все СИ в работающем состоянии;

B_{max} — все СИ в неработающем состоянии;

T — время работы поста.

Дополнительно применена модель по критерию Гурвица, учитывающая неопределенность развития радиационных аварий

$$B = \lambda B_{\text{max}} + (1 - \lambda) B_{\text{min}}, \tag{4}$$

где:

$\lambda \in [0, 1]$ — параметр осторожности (коэффициент «пессимизма»);

$B_{\text{max}}, B_{\text{min}}$ — наибольший и наименьший возможный ущерб в рассматриваемом сценарии.

Использование этих моделей позволяет количественно оценить влияние временно-го изъятия СИ на снижение эффективности радиационного мониторинга и применить полученные зависимости при оптимизации графиков поверки, выборе каналов поверки и определении рационального числа одновременно выведенных из эксплуатации постов.

Разработанные модели позволяют не только количественно оценивать влияние изъятия СИ на эффективность АСР и радиационного мониторинга, но и формируют основу для построения целостного научно-методического аппарата. Логика дальнейшего исследования заключается в переходе от анализа отдельных зависимостей к системному описанию механизма минимизации ущерба, возникающего при проведении поверочных мероприятий. Для этого в рамках риск-ориентированного подхода последовательно определяются приоритеты применения ПМЛ, оптимизируются маршруты их движения, распределяются остаточные объемы СИ между каналами поверки и оценивается эффект от введения новых ПМЛ. Таким образом, раз-

работанные математические модели становятся базой для формирования функциональной структуры исследования и практической реализации риск-ориентированной системы метрологического обеспечения МЧС России.

Логика минимизации ущерба включает следующие последовательные шаги.

1. Определение приоритетов для ПМЛ. Возможности действующей ПМЛ ограничены: ее мощности недостаточно для охвата всех СИ в системе МЧС России. Поэтому на первом этапе требуется построение приоритетов, т. е. определение, в какие территориальные органы и учреждения целесообразно направить ПМЛ в первую очередь.

СИ в этих подразделениях поверяются непосредственно на месте эксплуатации, благодаря чему они не изымаются из аварийно-спасательных расчетов. Это означает, что в охваченных ПМЛ территориальных органах ущерб не увеличивается. Эффект от работы ПМЛ $\Delta U_{\text{ПМЛ}}$ можно выразить как разность между базовым ущербом U (при отсутствии ПМЛ) и ущербом после ее работы

$$\Delta U_{\text{ПМЛ}} = U - U_{\text{ПМЛ}}, \quad (5)$$

где $U_{\text{ПМЛ}}$ — величина ущерба, предотвращенного за счет проведения поверки на месте эксплуатации, т. е. ущерб, который не увеличился благодаря работе ПМЛ.

2. Оптимизация маршрута ПМЛ и добавления территориальных органов и учреждений МЧС России в маршрут движения после оптимизации его с помощью методики оптимизации маршрута движения (далее — добор) до максимально возможной поверки количества СИ с помощью ПМЛ.

Даже при правильно определенных приоритетах часть времени работы ПМЛ расходуется на перемещения между объектами. Если маршруты сформированы нерационально, это снижает фактическую производительность ПМЛ и ограничивает число территориальных органов и учреждений МЧС России, которые могут быть обслужены в течение командировки.

В базовых оценках учитываются средние годовые возможности ПМЛ, исходя из числа поверителей и рабочих дней,

а также расстояний, которые может покрыть ПМЛ, и других эксплуатационных ограничений. Эти возможности определяются на основе опыта ее фактической работы и представляют собой усредненный показатель пропускной способности. Однако реальный результат зависит от пространственного распределения территориальных органов и построения маршрутов. Оптимизация маршрутиза-

ции позволяет уменьшить долю времени, затрачиваемую на переезды, и тем самым увеличить число поверенных СИ по сравнению со средними расчетными возможностями.

Высвобожденный ресурс используется для «добора» дополнительных территориальных органов и учреждений МЧС России, что ведет к дополнительному снижению ущерба

$$\Delta U_{\text{ПМЛ(добор)}} = U_{\text{ПМЛ}} - U_{\text{доп}}, \tag{6}$$

где:

$U_{\text{ПМЛ}}$ — ущерб при базовой (средней) маршрутизации;

$U_{\text{доп}}$ — ущерб после расширения охвата территориальных органов за счет оптимизации.

3. Распределение остатка СИ по каналам поверки.

В этом случае ущерб определяется не только длительностью процедуры поверки M , но и количеством партий m , на которые делится общий объем СИ. Если изъять весь объем сразу, ущерб возрастает; при разделении на боль-

шее число партий — ущерб снижается, но растут транспортные и организационные затраты.

Таким образом, для оставшихся приборов задача формулируется как выбор числа партий и канала поверки, обеспечивающих минимизацию совокупного ущерба

$$U_{\text{остаток}} = f(m, M_{\text{канал}}), \tag{7}$$

где $M_{\text{канал}}$ — длительность поверки в выбранном канале (Центр МТМО или коммерческая организация).

В этом случае ущерб определяется числом постов, временно выведенных из работы (ΔN), временем поверки (M) и числом партий (m), на которые разбивается общий объем

4. Стационарные посты радиационного мониторинга.

$$U_{\text{стац}} = f(\Delta N, M_{\text{канал}}). \tag{8}$$

5. Обоснование необходимости новой ПМЛ.

Даже при рациональном распределении приоритетов и оптимизации маршрутов потенциал действующей ПМЛ остается ограниченным: ее возможностей недостаточно для охвата всего объема СИ в системе МЧС России. В результате часть СИ неизбежно направляется в ста-

ционарные поверочные центры, что увеличивает время их изъятия и приводит к росту ущерба.

Для количественной оценки рассматриваются два сценария:

План А — работа при использовании действующей ПМЛ;

План В — работа при использовании новой/дополнительной ПМЛ.

Эффект от ввода новой/дополнительной ПМЛ определяется как разность ущерба между двумя сценариями

$$\Delta U_{\text{newПМЛ}} = U_A - U_B, \quad (9)$$

где U_A , U_B — ущерб при использовании действующей и новой/дополнительной ПМЛ.

Ввод дополнительной/новой лаборатории является рациональным, если выполняется условие: $\Delta U_{\text{newПМЛ}} >$ стоимость дополнительной/новой ПМЛ.

Таким образом, решение о создании новой ПМЛ основывается на риск-ориентированной оценке: если предотвращенный ущерб превышает затраты на ее организацию и эксплуатацию, то дополнительная лабора-

тория становится экономически и функционально оправданной.

В условиях дефицита возможностей действующей ПМЛ расчет необходимости ее модернизации ведется исходя из фактического объема СИ, не обеспеченных поверкой ПМЛ. Если известно, что действующая лаборатория (2 поверителя, от 200 до 400 СИ в день) не обеспечивает поверку всего объема, определяется коэффициент роста мощности, необходимый для полного охвата

$$K = N_{\text{треб}}/N_{\text{факт}}, \quad (10)$$

где:

$N_{\text{треб}}$ — требуемый объем поверки;

$N_{\text{факт}}$ — фактическая мощность действующей ПМЛ.

Соответственно, становится ясно, во сколько раз должна быть увеличена производительность ПМЛ. Это напрямую задает требуемое число поверителей. Далее под рассчитанное количество специалистов подбираются технические решения: шасси, позволяющее разместить рабочие места и оборудование; комплектование повероч-

ной аппаратурой; организация рабочего пространства и автономности.

Таким образом, последовательность расчета такова: дефицит мощности → число поверителей → выбор шасси и комплектования.

Совокупный ущерб от изъятия СИ на поверку складывается из следующих составляющих:

$$U_{\text{итог}} = U - (\Delta U_{\text{ПМЛ}} + \Delta U_{\text{добор}} + \Delta U_{\text{newПМЛ}}) + U_{\text{стац}} + U_{\text{остаток}} \rightarrow \min. \quad (11)$$

Таким образом, предложенная логическая структура научно-методического аппарата позволит разработать комплекс мероприятий, который позволит снизить совокупный ущерб от изъятия СИ на поверку за счет уменьшения времени проведения поверки СИ в МЧС России.

Выводы

Поверка СИ в системе МЧС России является не только элементом метрологического

обеспечения, но и фактором, влияющим на готовность аварийно-спасательных подразделений и эффективность радиационного мониторинга.

Существующая административно-территориальная система планирования поверок не учитывает вероятностный характер возникновения ЧС, что приводит к повышению совокупного ущерба из-за временного снижения функциональной готовности подразделений и сокращения охвата сетей наблюдения.

Разделение СИ на функциональные классы (С1 — давление/вакуум, С2 — радиационный контроль, С3 — стационарные посты мониторинга) позволяет формализовать влияние их изъятия на ущерб и определить приоритеты метрологического обслуживания.

Разработанный математический аппарат, включающий экспоненциальные зависимости (1)–(2) для АСР и модели (3)–(4) для радиационного мониторинга, обеспечивает количественную оценку потерь эффективности и дает возможность минимизировать совокупный ущерб при поверке.

Сформулированная логика исследования и предложенный научно-методический аппарат позволяют обосновывать рациональное распределение каналов поверки, оптимизацию маршрутов ПМЛ и необходимость их расширения на основе критериев предотвращенного ущерба.

Реализация риск-ориентированного подхода к организации поверки СИ обеспечивает повышение устойчивости функционирования метрологической системы МЧС России, сокращение времени вывода приборов из эксплуатации и снижение потенциального ущерба от ЧС.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аварийно-спасательные средства // Fireman.Club. URL: <https://clck.ru/3RVSLD> (дата обращения: 17.08.2025).
2. Гражданская защита. Т. I (А–И) : энциклопедия в 4-х т. / под общ. ред. В. А. Пучкова ; МЧС России. М., 2015. 666 с.
3. Дыхательный аппарат со сжатым воздухом // Fireman.Club. URL: <https://clck.ru/3RVSSX> (дата обращения: 17.08.2025).
4. НПБ 165–2001. Техника пожарная. Дыхательные аппараты со сжатым воздухом для пожарных. Общие технические требования. Методы испытаний : введ. взамен НПБ 165–97 : дата введения 10.01.2001 № 65.
5. Создание автоматизированной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций с радиационным фактором в Брянской области / О. Н. Апанасюк и др. // XXI век. Техносферная безопасность. 2023. № 2. С. 144–155.
6. О системе мониторинга и прогнозирования ЧС // Главное управление МЧС России по Астраханской области. URL: <https://clck.ru/3RVSWU> (дата обращения: 17.08.2025).
7. Баринов М. Ф. Экологический мониторинг окружающей среды как основополагающий фактор предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2013. № 3. С. 66–72.
8. ФКУ «Центр материально-технического и метрологического обеспечения МЧС России» // МЧС России. URL: <https://clck.ru/3RVSZh> (дата обращения: 06.10.2025).
9. Математический аппарат оценки эффективности аварийно-спасательных работ при изъятии на поверку средств измерений военного и специального назначения в системе МЧС

России / С. А. Гарелина [и др.] // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2025. № 65. С. 84–93.

REFERENCES

1. Emergency and rescue equipment // Fireman.Club. URL: <https://clck.ru/3RVSLD> (date of application: 17.08.2025).
2. Civil protection. Vol. I (A–I) : An Encyclopedia in 4 volumes / under the general editorship of V. A. Puchkov ; EMERCOM of Russia. Moscow, 2015. 666 p.
3. Breathing apparatus with compressed air // Fireman.Club. URL: <https://clck.ru/3RVSSX> (date of application: 17.08.2025).
4. NPB 165–2001. Firefighting Equipment. Compressed air breathing apparatuses for firefighters. General technical requirements. Test methods : introduction. Instead of NPB 165–97 : date of introduction 10.01.2021 № 65.
5. Creation of an automated system for monitoring emergencies with a radiation factor in the Bryansk region / O. N. Apanasuk et al. // XXI century. Technospheric safety. 2023. № 2. Pp. 144–155.
6. About the system for monitoring and forecasting emergenci // Main Department of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Astrakhan Region. URL: <https://clck.ru/3RVSWU> (date of application: 17.08.2025).
7. Barinov M. F. Environmental monitoring as a fundamental factor in preventing natural and man-made emergencies // Scientific and Educational Problems of Civil Protection. 2013. № 3. Pp. 66–72.
8. FKU „Center for Logistical and Metrological Support of the Ministry of Emergency Situations of Russia“ // Ministry of Emergency Situations of Russia. URL: <https://clck.ru/3RVSZh> (date of application: 06.10.2025).
9. Mathematical apparatus for assessing the effectiveness of emergency rescue operations when military and special purpose measuring instruments are withdrawn for verification in the Russian Ministry of Emergency Situations / S. A. Garelina et al. // Scientific and educational problems of civil protection. 2025. № 65. Pp. 84–93.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гарелина Светлана Александровна, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры механики и инженерной графики Академии гражданской защиты МЧС России (141435, Российская Федерация, г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1А); SPIN-код: 8591-0495; AuthorID: 163638; e-mail: s.garelina@agz.50.mchs.gov.ru

Любкин Роман Николаевич, преподаватель кафедры эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов Академии гражданской защиты МЧС России (141435, Российская Федерация, г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1А); SPIN-код: 9786-4862; AuthorID: 1119833; e-mail: r.lyubkin@agz.50.mchs.gov.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Svetlana A. Garelina, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Mechanics and Engineering Graphics, Civil Defence Academy EMERCOM of Russia (1A Sokolovskaya str., Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, 141435, Russian Federation); SPIN code: 8591-0495; AuthorID 163638; e-mail: s.garelina@agz.50.mchs.gov.ru

Roman N. Lyubkin, Lecturer of the Department of the Exploitation of Transport-technological Machines and Complexes Civil Defence Academy EMERCOM of Russia (1A Sokolovskaya str., Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, 141435, Russian Federation); SPIN-код: 9786-4862; AuthorID: 1119833; e-mail r.lyubkin@agz.50.mchs.gov.ru

Поступила в редакцию 29.09.2025
Одобрена после рецензирования 15.10.2025
Принята к публикации 05.12.2025