

УДК 53.089.6

ПЛАНИРОВАНИЕ ЛОГИСТИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОВЕРОЧНЫХ РАБОТ С УЧЕТОМ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

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

Аннотация. В статье предложена методика планирования логистики выполнения поверочных работ с использованием риск-ориентированного подхода, предназначенная для повышения эффективности метрологического обеспечения в структурах МЧС России. Рассматриваются возможности применения подвижных метрологических лабораторий для проведения выездной поверки средств измерений с целью минимизации времени их изъятия из эксплуатации и, как следствие, снижения риска возможных аварий и чрезвычайных ситуаций, который представляет собой вероятный ущерб от аварии, выраженный в рублях. Методика основывается на ранжировании территориальных органов МЧС по уровню риска и выборе приоритетных направлений для поверки. Учитываются ограниченные ресурсы подвижной метрологической лаборатории, включая количество доступных поверителей и транспортные возможности. Представлен алгоритм оптимизации маршрутов и расчет рационального перечня объектов для выездной поверки. Численный пример демонстрирует практическое применение подхода и подтверждает его эффективность в минимизации риска при выполнении поверочных работ. Методика может быть использована для планирования метрологического обеспечения в других организациях с аналогичными условиями.

Ключевые слова: средства измерений, поверка, подвижная метрологическая лаборатория, логистика, распределение средств измерений, алгоритм, риск, авария/ЧС, территориальные органы и учреждения МЧС России

Для цитирования: Гарелина С. А., Латышенко К. П., Любкин Р. Н. Планирование логистики выполнения поверочных работ с учетом риск-ориентированного подхода // Техносферная безопасность. 2025. № 3 (48). С. 70–80.

PLANNING THE LOGISTICS OF PERFORMING VERIFICATION WORK TAKING INTO ACCOUNT A RISK-BASED APPROACH

Svetlana A. Garelina, Konstantin P. Latyshenko, Roman N. Lyubkin
Civil Defence Academy EMERCOM of Russia, Khimki, Russian Federation

Abstract. The article proposes a methodology for planning the logistics of performing verification work using a risk-based approach, designed to increase the efficiency of metrological support in the structures of the Ministry of Emergency Situations of Russia. The possibilities of using mobile

metrological laboratories for on-site verification of measuring instruments are considered in order to minimize the time of their decommissioning and, as a result, reduce the risk of possible accidents and emergencies, which represents the probable damage from an accident, expressed in rubles. The methodology is based on the ranking of the territorial bodies of the Ministry of Emergency Situations according to the level of risk and the selection of priority areas for verification. The limited resources of the PML are taken into account, including the number of available verifiers and transportation options. An algorithm for optimizing routes and calculating a rational list of facilities for on-site verification is presented. The numerical example demonstrates the practical application of the approach and confirms its effectiveness in minimizing risk during verification work. The methodology can be used for planning metrological support in other organizations with similar conditions.

Keywords: measuring instruments, verification, mobile metrological laboratory, logistics, distribution of measuring instruments, algorithm, risk, accident/emergency, territorial bodies and institutions of the EMERCOM of Russia

For Citation: Garelina S. A., Latyshenko K. P., Lyubkinh R. N. Planning the logistics of performing verification work taking into account a risk-based approach // *Technospheric safety*. 2025. № 3 (48). pp. 70–80.

Введение

В территориальных органах и учреждениях МЧС России эксплуатируют большое количество средств измерений (далее — СИ), и поскольку они предназначены для применения в сфере государственного регулирования и обеспечения единства измерений, то согласно Федеральному закону от 26.06.2008 № 102-ФЗ подлежат первичной, а в процессе эксплуатации — периодической поверке, как правило, ежегодной [1]. Поверку СИ осуществляют для подтверждения их соответствия установленным в нормативно-технической документации метрологическим требованиям.

В МЧС России за планирование и проведение метрологического обслуживания территориальных органов и учреждений МЧС России, метрологические работы по обеспечению единства измерений в области обороны и безопасности государства, поддержа-

ние в исправном состоянии и применение государственных эталонов единиц величин для обеспечения единства измерений отвечает Центральное бюро измерительной техники МЧС России (далее — ЦБИТ).

В МЧС России СИ применяют для измерения параметров и характеристик следующих объектов измерений:

- военной и специальной техники, пожарно-спасательного оборудования;
- зданий и сооружений;
- пространства и времени;
- материалов, веществ, продуктов;
- здоровья личного состава.

В 2023 г., согласно данным ЦБИТ, число СИ, подлежащих поверке, составило 59 113 единиц, и с каждым годом их количество увеличивается [2]. В МЧС России эксплуатируют 10 видов СИ, из которых 81 % составляют СИ давления и вакуума и 10 % — СИ характеристик ионизирующих излучений и ядерных констант.

Постановка задачи

ЦБИТ и его филиалы в федеральных округах [3] осуществляет поверку СИ двумя способами:

- стационарно, т. е. непосредственно в аккредитованных метрологических организациях;
- в подразделениях, эксплуатирующих СИ, с помощью приезжающих к ним выездных метрологических групп.

Стационарный способ поверки СИ в МЧС России реализует ЦБИТ, его филиалы, а также действующие на коммерческой основе аккредитованные метрологические организации. Для такой поверки СИ доставляют в поверяющую организацию (иногда за сотни километров), поверяют и возвращают назад. В соответствии с приказом МЧС России от 31.11.2021 № 833 [3] время поверки СИ не должно превышать одного месяца, но в течение того времени, что занимает поверка, техника и оборудование, с которых сняты СИ, могут быть при отсутствии обменного фонда неработоспособны, что негативно отражается на технической готовности подразделения МЧС России, и что в свою очередь повышает риск получения значительного ущерба при возникновении аварии/ЧС.

Использование мобильной поверки СИ на месте их эксплуатации полностью исключает время транспортировки СИ туда и обратно и существенно увеличивает техническую готовность подразделений МЧС России к выполнению своих обязанностей. Мобильная поверка СИ рекомендована Руководством по обеспечению единства измерений в МЧС России [3].

Кроме того, выездные метрологические группы зачастую могут осуществлять поверку СИ на технике и оборудовании, не де-

монтируя их, прямо на рабочем месте, что уменьшает время поверки до минимально возможного.

Для проведения поверки СИ с помощью выездных метрологических групп была разработана и введена в эксплуатацию подвижная метрологическая лаборатория (далее — ПМЛ). ПМЛ позволила существенно снизить нагрузку на ЦБИТ, с ее помощью можно осуществлять поверку 7 из 10 видов СИ, что, в свою очередь, составляет около 87 % от их общего числа. Остальные СИ для проведения поверки доставляют, как правило, в ЦБИТ.

Выберем СИ, которые будем поверять с помощью ПМЛ.

Это СИ давления и вакуума, которые, во-первых, составляют подавляющее большинство используемых в МЧС России приборов. Во-вторых, средства поверки манометров и вакуумметров легко помещаются в ограниченном пространстве кузова. В то время как, например, для поверки газоанализатора в пяти точках диапазона измерений необходимо кроме достаточно габаритной поверочной установки иметь пять баллонов с поверочной газовой смесью. Для поверки газоанализатора на другую концентрацию или вещество потребуется уже другие пять баллонов и т. д.

В зоне ответственности территориальных органов МЧС России расположены различные объекты и предприятия. Все они характеризуются определенным риском аварий/ЧС, величину которого можно рассчитать по соответствующим методикам, например [4, 5].

Таким образом, актуальна потребность в разработке методики, которая позволит выбрать такие территориальные органы и СИ в них для поверки в условиях ограни-

ченных возможностей ПМЛ, чтобы максимально уменьшить возможный риск аварий/ЧС. Это можно осуществить рациональным выбором числа ПМЛ, количества поверителей, маршрута движения ПМЛ и др.

В работе [6] представлен пример решения задачи по оптимизации планирования логистики выполнения поверочных работ как в стационарных условиях метрологической лаборатории, так и в местах эксплуатации СИ с учетом ограничения на месячный пробег мобильного метрологического комплекса. Для решения этой проблемы авторами предложен алгоритм, аналогичный задаче о рюкзаке, т. е. NP-полной задаче комбинаторной оптимизации.

Сформулируем математическую постановку задачи.

При заданных: количестве СИ, которое ПМЛ может поверить за год ($N_{\text{ПМЛ}}$), шт.; количестве СИ, которое необходимо поверить за год (N), шт.; значении минималь-

ного ($R_{\min}$) и максимального ($R_{\max}$) рисков аварий/ЧС, произошедших во время изъятия СИ на поверку, руб.; количестве территориальных органов (T), ед.; принятых рангах (приоритетах) P_1, P_2, P_3 величины риска $R_{\max}$ аварий/ЧС в территориальных органах, — необходимо определить рациональное множество территориальных органов и учреждений МЧС России ($T_{\text{рац}}$), в которых будет осуществлена поверка за счет ПМЛ, чтобы максимально снизить возможный риск аварий/ЧС, произошедших во время изъятия СИ на поверку:

при следующих ограничениях:

- в первую очередь поверяют СИ в тех территориальных органах и учреждениях МЧС России, где возможный ущерб от аварий/ЧС выше;
- $T_{\text{рац}} \in T$; число поверенных СИ ($N_{\text{пов}}$) не может превысить технические возможности ПМЛ, т. е. $N_{\text{пов}} \leq N_{\text{ПМЛ}}$.

$$R(T_{\text{рац}}) = f(N_{\text{ПМЛ}}, N, T, R_{\min}, R_{\max}, P_1, P_2, P_3) \rightarrow \min, \quad (1)$$

Решение задачи

Методика планирования логистики выполнения поверочных работ с учетом риск-ориентированного подхода.

$$\Delta R = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{3}, \quad (2)$$

где:

$R_{\min}$ — минимальное значение риска R , руб.;

$R_{\max}$ — максимальное значение риска R , руб.;

ΔR — размах значений риска, руб.

Примем следующие интервалы:

- низкий ранг P_3 у k -го территориального органа: $R_{\min} < R_k < R_{\min} + \Delta R$;

1. Осуществим ранжирование территориальных органов и учреждений МЧС России в соответствии с величиной риска аварий/ЧС (R) в зоне их ответственности и их разбиение на три группы риска по формуле:

- средний ранг P_2 у j -го территориального органа: $R_{\min} + \Delta R < R_j < R_{\min} + 2\Delta R$;
- высокий ранг P_1 у i -го территориального органа: $R_{\min} + 2\Delta R < R_i < R_{\max}$.

2. Оценим возможности ПМЛ по поверке СИ в территориальных органах и учреждениях МЧС России в соответствии с их рангами.

Условие достаточности ресурса ПМЛ равняется формуле (3), где N_{P1} , N_{P2} , N_{P3} — суммарное количество СИ в территориальных органах и учреждениях МЧС России, входящих в соответствующий ранг.

3. Определим множество территориальных органов и учреждений МЧС России ($T_{\text{рац}}$) с рангом P , в которых ПМЛ проведет поверку в соответствии со следующими условиями:

- условие достаточности ресурса ПМЛ для поверки СИ в территориальных органах и учреждениях МЧС России с рангом P : $N_{\text{ПМЛ}} < N_P$;
- выбор территориального органа для поверки СИ: сначала с высоким уровнем риска — P_1 , затем со средним — P_2 , и, наконец, с низким уровнем — P_3 .

Далее с помощью методики выбора рационального маршрута ПМЛ при составлении плана командировок выездных метрологических групп и соответствующей программы [7] можно оптимизировать маршрут ПМЛ таким образом, чтобы минимизировать протяженность (время) прохождения маршрута, включающего все территориальные органы из рационального перечня $T_{\text{рац}}$.

На основе приведенной методики был разработан алгоритм, блок-схема которого приведена на рис., и программа в Excel по ее реализации.

Рассмотрим пример использования предложенной методики при следующих

Методом перебора формируем такую совокупность территориальных органов МЧС России ($T_{\text{рац}}$), чтобы количество СИ в ней было бы максимально близко к возможностям ПМЛ: $N_{T_{\text{рац}}} \sim N_{\text{ПМЛ}}$.

Формируем рациональный перечень территориальных органов ($T_{\text{рац}}$), в котором суммарное количество СИ было бы максимально близко к возможностям ПМЛ, а число самих органов было бы минимальным, т. е. $T_{\text{рац}} \rightarrow \min$.

Таким образом получаем перечень территориальных органов МЧС России и количество СИ в них. Этот перечень позволяет, во-первых, минимизировать риск аварий/ЧС, которые могут произойти на этих территориях, и, во-вторых, поверить эти СИ с помощью ПМЛ.

$$N_{\text{ПМЛ}} \geq N_{P1} + N_{P2} + N_{P3}, \quad (3)$$

данных: число территориальных органов МЧС России — 20; максимальный и минимальный риск аварий/ЧС — 132 и 995 млн руб. соответственно; число СИ, которое может поверить ПМЛ, — 800 шт.; число СИ в каждом из 20 территориальных органах — 87, 58, 45, 43, 41, 34, 100, 94, 88, 36, 30, 43, 81, 41, 21, 53, 60, 96, 76 и 80 соответственно; общее число СИ, подлежащих поверке, — 1 207 шт.

В табл. 1 приведены результаты расчета значений риска для ТО рангов P_1 , P_2 и P_3 для заданных исходных данных.

В табл. 2 приведены результаты расчета по разработанной методике.

Таблица 1

Результаты расчета значений риска для ТО с рангами P_1 , P_2 и P_3 для заданных исходных данных

Table 1

Results of calculating risk values for TO ranks P_1 , P_2 , and P_3 for the given initial data

$R_{j \min}$, млн руб. $R_{j \min}$ mln.rub.	$R_{j \max}$, млн руб. $R_{j \max}$ mln.rub.	Размах ΔR , млн руб. Range ΔR , mln. rub.	Риск ранга P_1 , млн руб. Rank risk P_1 mln.rub.	Риск ранга P_2 , млн руб. Rank risk P_2 mln.rub.	Риск ранга P_3 , млн руб. Rank risk P_3 mln.rub.
132	995	288	707–995	418–706	132–419

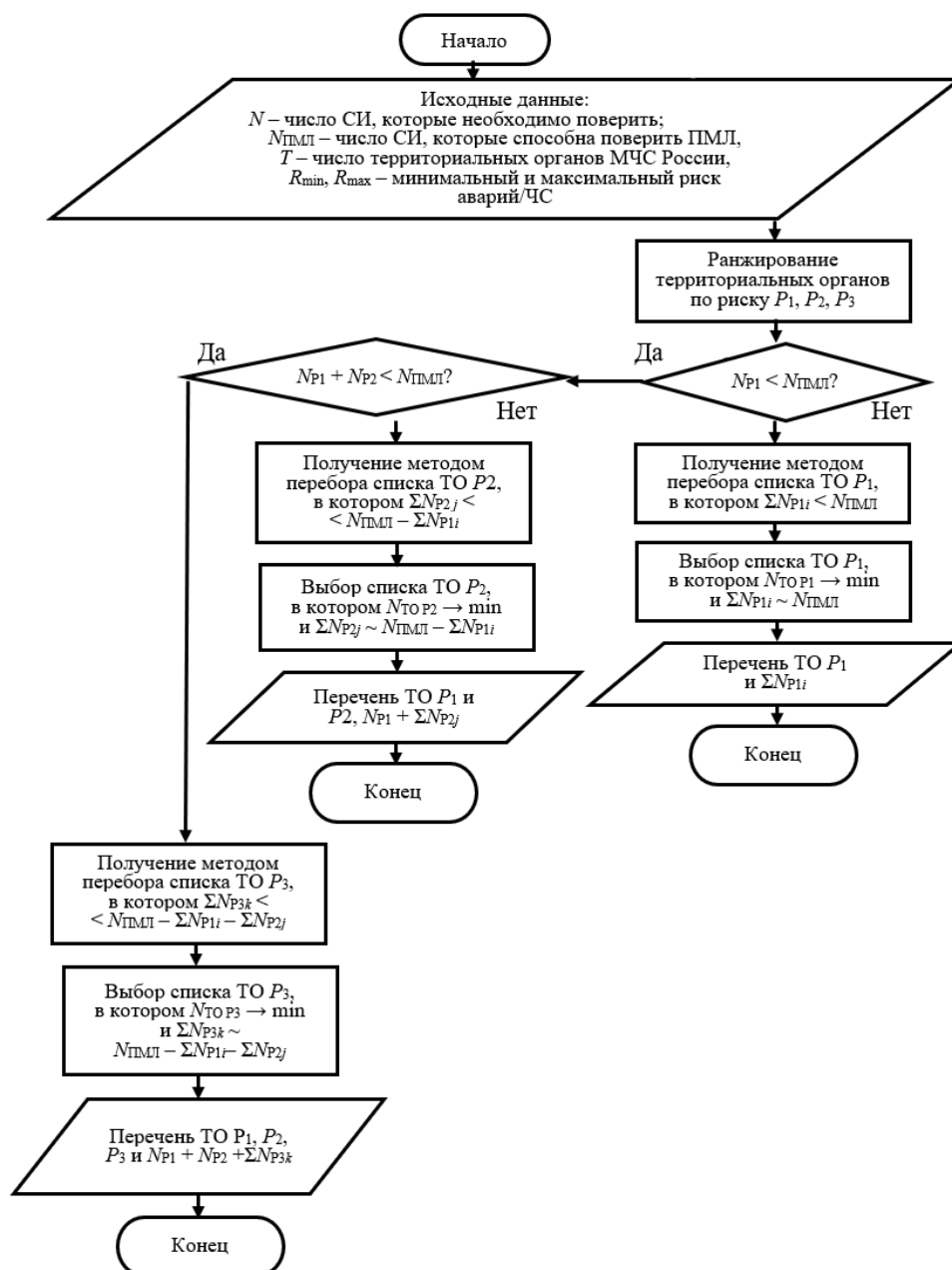


Рис. Блок-схема алгоритма планирования логистики выполнения поверочных работ с учетом риск-ориентированного подхода

Fig. Flowchart of the logistics planning algorithm for performing verification work, taking into account the risk-based approach

Таблица 2

**Результаты нахождения рационального множества территориальных органов и учреждений
МЧС России, в которых поверку СИ осуществляют с помощью ПМЛ**

Table 2

The results of finding a rational set of territorial bodies and institutions of the Ministry
of Emergency Situations of Russia, in which SI verification is carried out using PML

ТО и У TO and U	Риск R_j , млн руб. Risk R_j mln.rub.	Ранг Rank	N	СИ на поверку SI for verification			P_1	P_2						
				P_1	P_2	P_3		4-8-9- 10-14- 15-16- 19-20	1-3-5	1-3- 5-6	1-3-5- 13	1-3- 12-13	3-6- 12-13	3-5- 12-13
1	689	2	87		87			87	87	87	87			
2	372	3	58											
3	625	2	45		45		86	45	45	45	45	45	45	45
4	755	1	43	43			43							
5	461	2	41		41			41	42	42			41	
6	517	2	34		нет				34			34		34
7	342	3	100			нет								
8	789	1	94	94			94							
9	844	1	88	88			88							
10	791	1	36	36			36							
11	443	2	30		нет									30
12	615	2	41		нет						41	41	41	41
13	637	2	43		43					43	43	43	43	43
14	953	1	81				81							
15	995	1	21				21							
16	939	1	53				53							
17	366	3	60			нет								
18	132	3	96			нет								
19	946	1	76				76							
20	869	1	80				80							
Σ			1207	572	216	нет	572	173	207	216	216	204	200	193

Проанализируем результаты расчетов.

Рассчитали возможность ПМЛ по поверке СИ последовательно для каждого из трех рангов, начиная с самого высокого — P_1 (стб. 5).

В представленном примере возможностей ПМЛ хватает на поверку всех 572 СИ в территориальных органах МЧС России ранга P_1 ($N_{P_1} = 572 < N_{\text{ПМЛ}} = 800$).

В примере возможностей ПМЛ не хватает на поверку 93 СИ ($N - N_{P_1} - N_{P_2} = 800 - 572 - 321 = -93$ СИ) в территориальных органах МЧС России ранга P_2 , она может поверить только 228 СИ (стб. 6).

СИ из территориальных органов ранга P_3 не будут поверены вовсе.

В стб. 7 представлены результаты расчета суммарного количества СИ, которые могут быть поверены ПМЛ, в территориальных органах и учреждениях МЧС России ранга P_2 для разных их комбинаций.

Условию $\sum N_{P_{2j}} \sim N_{\text{ПМЛ}} - \sum N_{P_{1i}}$ соответствуют следующие варианты: 1-3-5, 1-3-5-6, 1-3-5-13, 1-3-12-13, 3-6-12-13, 3-5-12-13 и 3-6-11-12-13, где цифры означают порядковый номер территориального органа МЧС России в табл. 2. Из них рациональными вариантами являются 1-3-5-13 и 1-3-12-13 с одинаковым числом поверенных СИ — 216 приборов. Поэтому выбор одного варианта из этих двух может быть обусловлен дополнительными условиями, например минимальной длиной маршрута ПМЛ, пусть это будет вариант 1-3-5-13.

Таким образом, выездная метрологическая группа может поверить все СИ (572 шт.) в девяти территориальных органах МЧС России ранга P_1 (4-8-9-10-14-15-16-19-20) и 216 СИ в четырех органах ранга P_2 (1-3-5-13).

Остальные 419 СИ (105 СИ в трех органах ранга P_2 и 314 СИ в четырех органах ранга P_3) должны быть отправлены на поверку в ЦБИТ.

Методика позволила определить рациональный перечень территориальных органов МЧС России с наибольшим риском аварий/ЧС (ранг P_1 и P_2) — 13 — и количество СИ в них — 788 — при том, что ПМЛ может поверить 800 СИ.

Выводы

1. Актуальность работы обусловлена снижением технической готовности территориальных органов и учреждений МЧС России выполнять поставленные задачи из-за недееспособности оборудования, эксплуатирующего СИ, находящиеся в этот момент на поверке в ЦБИТ, что ведет к увеличению возможного ущерба при возникновении аварий/ЧС.
2. Предложена методика и алгоритм планирования логистики выполнения поверочных работ с учетом риск-ориентированного подхода, которые позволяют выбрать средства измерений для выездной поверки с учетом риска аварий/ЧС в зоне ответственности территориальных органов и учреждений МЧС России.
3. Приведен численный пример определения рационального перечня территориальных органов МЧС России и средств измерений в них, обеспечивающий минимальный риск аварий/ЧС, которые могут произойти во время изъятия средств измерений на поверку.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Об обеспечении единства измерений : Федер. закон № 102-ФЗ : принят Государственной Думой 11.07.2008 : одобрен Советом Федерации 18.06.2008 // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. URL: <https://clck.ru/3P8Yo5> (дата обращения: 02.03.2025).
2. Гарелина С. А. Латышенко К. П., Любкин Р. Н. Актуальность применения подвижных метрологических лабораторий в структурах МЧС России // Надежность и долговечность машин и механизмов : сб. мат. XV Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 2024. С. 45–50.
3. Об утверждении Руководства по обеспечению единства измерений в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий : приказ МЧС России от 30.11.2021 № 833 // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. URL: <https://clck.ru/3P8Yo5> (дата обращения: 02.03.2025).
4. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций // Консорциум Кодекс : электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560438170> (дата обращения: 02.03.2025).
5. Бродников О. В. Современная методология оценки риска чрезвычайных ситуаций // Главное управление МЧС России по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре : сайт. URL: <https://clck.ru/3P8Ye9> (дата обращения: 02.03.2025).
6. Ершова К. А., Савина С. Е. Задача оптимизации планирования логистики выполнения поверочных работ // Вестник науки. 2022. № 11 (56). С. 244–252.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025619871 Российская Федерация. Программа расчета рационального маршрута подвижной метрологической лаборатории при составлении плана командировок выездных метрологических групп : № 2024692343 : заявл. 25.12.2024 : опубл. (зарег.) 18.04.2025 / Р. Н. Любкин [и др.] ; заявитель АГЗ МЧС России.

REFERENCES

1. On Ensuring the Uniformity of Measurements : Federal Law № 102-FZ adopted by the State Duma on 11.07.2008 : approved by the Federation Council on 18.06.2008 // ConsultantPlus. URL: <https://clck.ru/3P8Yo5> (date of application: 02.03.2025).
2. Garelina S. A., Latyshenko K. P., Lyubkin R. N. The relevance of the use of mobile metrological laboratories in the structures of the Ministry of Emergency Situations of Russia // Reliability and durability of machines and mechanisms : Collection of Materials of the XV All-Russian Scientific and Practical Conference. Ivanovo, 2024. pp. 45–50.
3. On approval of the Guidelines for Ensuring the Uniformity of Measurements in the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters : order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 30.11.2021 № 833 // ConsultantPlus. URL: <https://clck.ru/3P8Yo5> (date of application: 02.03.2025).

4. A unified interdepartmental methodology for assessing damage from man-made, natural and terrorist emergencies, as well as classifying and accounting for emergencies // Codex : electronic fund of legal and normative-technical inform. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560438170> (date of application: 03.02.2025).

5. Brodnikov O. V. Modern methodology for assessing the risk of emergency situations // Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra : website. URL: <https://clck.ru/3P8Ye9> (date of application: 02.03.2025).

6. Yershova K. A., Savina S. E. The task of optimizing logistics planning for performing verification work // Bulletin of Science. 2022. № 11 (56). pp. 244–252.

7. Certificate of state registration of the computer program No. 2025619871 Russian Federation. The program for calculating the rational route of a mobile metrological laboratory when drawing up a business trip plan for visiting metrological groups : № 2024692343 : application dated 25.12.2024 : published on 18.04.2025 / R. N. Lyubkin et al. ; applicant AGZ of the Ministry of Emergency Situations of Russia.

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

Латышенко Константин Павлович, д-р техн. наук, профессор кафедры механики и инженерной графики Академии гражданской защиты МЧС России (141435, Российская Федерация, г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1А); SPIN-код: 1878-3258; AuthorID: 538521; e-mail: kplat@mail.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 of EMERCOM of Russia (1A Sokolovskaya str., Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, 141435, Russian Federation); SPIN-код: 8591-0495; AuthorID; e-mail: s.garelina@agz.50.mchs.gov.ru

Konstantin P. Latysenko, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of Mechanics and Engineering Graphics, Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia (1A Sokolovskaya str., Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, 141435, Russian Federation); SPIN-код: 1878-3258; AuthorID: 538521; e-mail: kplat@mail.ru

Roman N. Lyubkin, Lecturer of the Department of the Exploitation of Transport-technological Machines and Complexes Civil Defence Academy of 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 26.05.2025
Одобрена после рецензирования 11.06.2025
Принята к публикации 15.09.2025