

Научная статья
УДК 614.843.4
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.44.74.015

Аналитическое обоснование расчетной глубины тушения пожарных стволов

Сергей Олегович Куртов

Олег Сергеевич Малютин

Михаил Владимирович Погорельцев

Владимир Михайлович Макаров

Сергей Геннадьевич Каврига

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

Автор ответственный за переписку: Михаил Владимирович Погорельцев,

pogoreltsev.mikhail@yandex.ru

Аннотация. В современных условиях точность и надежность расчетов при тушении пожаров имеют решающее значение для достижения поставленных задач участниками боевых действий и принятия ими обоснованных решений на месте тушения пожара. Появление современных универсальных стволов с регулируемым расходом ставит под сомнение многие существующие методики расчета необходимого количества сил и средств для организации тушения пожара. Причины этого связаны, в том числе с использованием устаревших формул и методов, что приводит к искажению результатов расчетов необходимого количества пожарных стволов (приборов тушения), личного состава и передвижной пожарной техники.

Авторами рассмотрена существующая методика проведения аналитического расчета таких параметров пожарных стволов, как «глубина» и фронт тушения, указывающая на некорректность получаемых параметров при проведении соответствующих расчетов. Авторами предложен новый подход к аналитическому обоснованию расчетной глубины тушения пожарных стволов, основанный на ее геометрической интерпретации, который в свою очередь позволит повысить тактические возможности привлекаемых на место пожара подразделений пожарной охраны.

Ключевые слова: пожарная техника, пожарный ствол, фронт тушения, глубина тушения, методика

Для цитирования: Куртов С.О., Малютин О.С., Погорельцев М.В., Макаров В.М., Каврига С.Г. Аналитическое обоснование расчетной глубины тушения пожарных стволов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 1(36). С. 157-165. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.44.74.015>

Original article

Analytical substantiation of the calculated depth of fire barrels extinguishing

Sergei O. Kurtov

Oleg S. Malyutin

Mikhail V. Pogoreltsev

Vladimir M. Makarov

Sergei G. Kavriga

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

Corresponding author: *Mikhail V. Pogoreltsev, pogoreltsev.mikhail@yandex.ru*

Abstract. In modern conditions, the accuracy and reliability of calculations in firefighting are crucial for the combatants to achieve their objectives and make informed decisions at the firefighting site. The emergence of modern universal trunks with adjustable flow rates casts doubt on many existing methods of calculating the required number of forces and means to organize firefighting. The reasons for this are related, among other things, to the use of outdated formulas and methods, which leads to distortion of the results of calculations of the required number of fire barrels (extinguishing devices), personnel and mobile fire fighting equipment.

The authors have considered the existing methodology of analytical calculation of such parameters of fire barrels as “depth” and extinguishing front, indicating the incorrectness of the obtained parameters in the corresponding calculations. The authors proposed a new approach to the analytical justification of the estimated depth of fire barrels extinguishing, based on its geometric interpretation, which in turn will increase the tactical capabilities of firefighting units involved in the fire scene.

Keywords: fire apparatus, fire barrel, extinguishing front, extinguishing depth, methodology

For citation: Kurtov S.O., Malyutin O.S., Pogoreltsev M.V., Yarovoy V.Yu., Kavriga S.G. Analytical substantiation of the calculated depth of fire barrels extinguishing // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2025. № 1(36). С. 157-165. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.44.74.015>

В настоящее время производителями пожарно-технического вооружения представлен большой спектр универсальных ручных пожарных стволов, как российского производства, так и зарубежного с регулируемыми параметрами расхода, формированием различного вида струй, в том числе защитной водяной завесы [1,10]. Проанализировав общие технические требования, предъявляемые ГОСТ [2] к основным показателям и характеристикам ручных пожарных стволов возможно сделать вывод, что указанных показателей недостаточно для проведения пожарно-тактических расчетов по существующим методикам [1,10].

При анализе существующей методики аналитического расчета [3-9] площади S_T и фронта Φ_T тушения пожарных стволов осуществляется по следующим формулам:

$$S_T = \frac{q_{ств}}{I_{ТР}}, \text{ м}^2 \quad (1)$$

где:

S_T - площадь тушения пожарных стволов, м^2 ;

$q_{ст}$ – расход пожарного ствола, л/с;

$I_{ТР}$ – требуемая поверхностная интенсивность подачи огнетушащих веществ, л/с· м^2 .

$$\Phi_T = \frac{S_T}{h_T}, \text{ м} \quad (2)$$

где:

Φ_T – фронт тушения пожарных стволов, м;

h_T – глубина тушения пожарных стволов, м.

Исходя из формул (1) и (2) установлено, что основные параметры влияющие на результаты аналитического расчета площади S_T и фронта Φ_T тушения пожарных стволов это:

$q_{ст}$ – расход пожарного ствола, л/с;

$I_{тр}$ – требуемая поверхностная интенсивность подачи огнетушащих веществ, л/с·м²;

h_T – глубина тушения пожарных стволов, м.

Площадь тушения пожара (S_T) – это часть площади пожара, которая может быть эффективно потушена (потушена) в зависимости от вида применяемых стволов [7,10].

Площадь тушения пожара (S_T) – это часть площади пожара, на которую в данный момент подается огнетушащее вещество [8].

Фронт пожара ($\Phi_{п}$) – часть периметра пожара, в направлении которой происходит распространение горения. Данный параметр имеет особое значение

для оценки обстановки на пожаре, определения решающего направления и расчета сил и средств на тушение пожара [7,8].

Фронт пожара ($\Phi_{п}$) – линейный параметр пожара, со стороны которого возможна подача ОТВ (фронт).

Фронт тушения пожарного ствола — это ширина зоны (фронта пожара), которую может эффективно охватить струя воды или огнетушащего вещества, подаваемого из пожарного ствола.

В данный момент в учебных заведениях МЧС России и действующих подразделениях пожарной охраны при проведении аналитических пожарно-тактических расчетов для ручных пожарных стволов принимают глубину тушения пожара равную 5 м, что по мнению авторов в современных реалиях применения новейших образцов приборов подачи огнетушащих веществ не корректно.

Для наглядного подтверждения некорректности получаемых параметров (по существующей методике, когда форму площади тушения принимаем в виде прямоугольника) при условии применения для организации тушения пожара современных пожарных стволов проведем соответствующий аналитический расчет. В качестве примера используем пожарный ствол УРСК-50 (с максимальным расходом ствола 8 л/с при напоре 40 м) и требуемой поверхностной интенсивностью подачи огнетушащих веществ 0,1 л/с·м².

$$S_T^{УРСК-50} = \frac{q_{ст}^{УРСК-50}}{I_{тр}} = \frac{8}{0,1} = 80 \text{ м}^2$$

$$\Phi_T^{УРСК-50} = \frac{S_T^{УРСК-50}}{R_T} = \frac{80}{5} = 16 \text{ м}$$

Для анализа и наглядности полученных при расчете параметров тушения пожарного ствола УРСК-50 (площади, глубины и фронта тушения) указанные параметры приведены в масштабе на Рис.1.

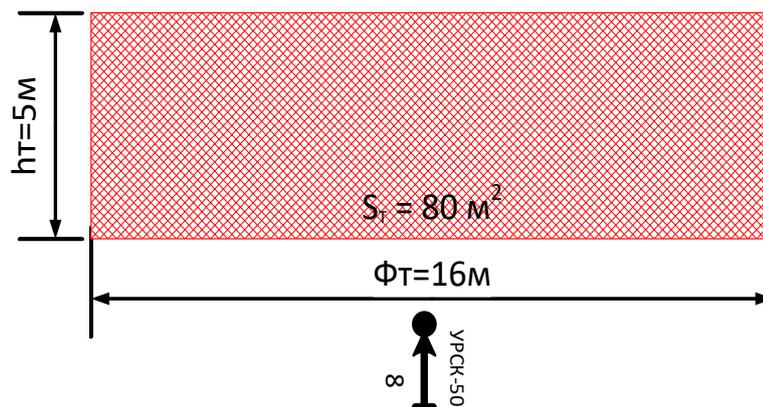


Рис.1. Параметры тушения пожарного ствола УРСК-50 при расходе 8 л/с и глубине тушения пожара $h_T=5$ м

Далее, в качестве примера используем пожарный ствол УРСК-70 (с максимальным расходом ствола 15 л/с при напоре 40 м) и требуемой поверхностной интенсивностью подачи огнетушащих веществ 0,1 л/с·м².

$$S_T^{\text{УРСК-70}} = \frac{q_{\text{СТ}}^{\text{УРСК-70}}}{I_{\text{ТР}}} = \frac{15}{0,1} = 150 \text{ м}^2$$

$$\Phi_T^{\text{УРСК-70}} = \frac{S_T^{\text{УРСК-70}}}{R_T} = \frac{150}{5} = 30 \text{ м}$$

Для анализа и наглядности полученных при расчете параметров тушения пожарного ствола УРСК-70 (площади, глубины и фронта тушения) указанные параметры приведены в масштабе на Рис.2.

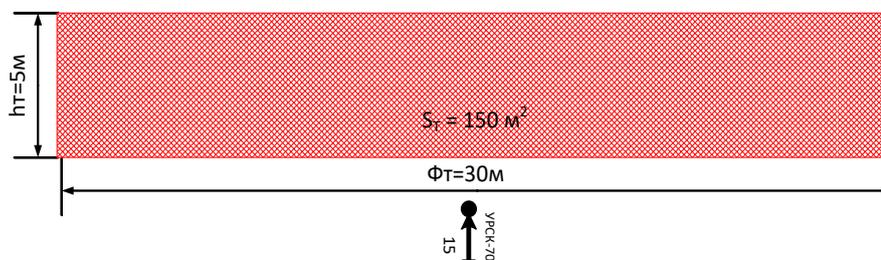


Рис.2. Параметры тушения пожара пожарного ствола УРСК-70 при расходе 15 л/с и глубине тушения пожара $h_T=5$ м

При анализе полученных результатов можно сделать следующий вывод, что фронт тушения ствола УРСК-70 при расходе 15 л/с (при неизменном параметре глубины тушения ручных пожарных стволов 5 м) превышает значение глубины в 6 раз. Авторы статьи убеждены, что при использовании современных пожарных стволов существующая методика проведения пожарно-тактических расчетов не корректна, что отражается в конечном итоге на эффективности применения сил и средств подразделений пожарной охраны, привлекаемых к ликвидации пожаров.

В результате целью данной публикации является, разработка нового подхода и методики аналитического расчета необходимого количества пожарных стволов, в целях повышения качества проводимых пожарно-тактических расчетов.

Для решения указанной проблемы авторами предлагается новая методика расчета глубины тушения пожарного ствола, которая заключается в том, что для расчета формы площади тушения использовать не классический вариант «прямоугольника», а «полукруг»

Рис.3, отталкиваясь от предположения, что ствольщик работает с пожарным стволом на одном месте.

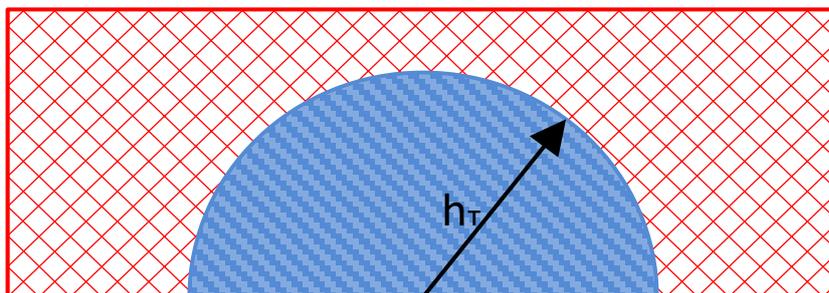


Рис.3. Предлагаемая авторами форма для расчета площади тушения пожарных стволов

Формула расчета площади тушения пожарного ствола S_T в форме полукруга представленной на Рис.3 выглядит следующим образом:

$$S_T = \frac{\pi h_T^2}{2}, \text{ м} \quad (3)$$

Выражаем h_T из формулы 3 для получения расчетного параметра глубины тушения пожарного ствола:

$$h_T = \sqrt{\frac{2S_T}{\pi}}, \text{ м} \quad (4)$$

Проведем расчет глубины тушения пожарных стволов по формуле 4 для стволов УРСК-50 и УРСК-70 с максимальными расходами 8 л/с и 15 л/с соответственно и требуемой поверхностной интенсивности подачи огнетушащих веществ 0,1 л/с·м².

$$h_{\text{УРСК-50}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{3,14}} = 7,1 \text{ м}$$

$$h_{\text{УРСК-70}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 150}{3,14}} = 9,8 \text{ м}$$

Преимущество данной методики расчета заключается в том, что она позволяет получить более обоснованные результаты расчета параметров тушения пожара с учетом тактико-технических характеристик современного пожарно-технического вооружения, выпускаемого различными производителями.

Аналогичным образом по формуле (4) проведены и представлены в таблице расчеты глубины и фронта тушения пожарных стволов (РС-50, РС-70, УРСК-50, УРСК-70) при различных значениях их расходов и требуемой поверхностной интенсивности подачи огнетушащих веществ от 0,1 до 0,3 л/с·м².

Таблица . Расчетные значения глубины тушения пожарных стволов (РС-50, РС-70, УРСК-50, УРСК-70) при различных значениях их расходов и требуемой поверхностной интенсивности подачи огнетушащих веществ

Расход пожарного ствола, л/с	Интенсивность подачи огнетушащих веществ, л/с·м ²	Площадь тушения, м ²	Глубина тушения, м	Фронт тушения, м
3,7	0,1	37	4,9	9,8
4	0,1	40	5,1	10,2

6	0,1	60	6,2	12,4
7,4	0,1	74	6,9	13,8
8	0,1	80	7,2	14,4
9	0,1	90	7,6	15,2
12	0,1	120	8,8	17,6
15	0,1	150	9,8	19,6
3,7	0,15	25	4,0	8,0
4	0,15	27	4,2	8,4
6	0,15	40	5,1	10,2
7,4	0,15	49	5,7	11,4
8	0,15	53	5,9	11,8
9	0,15	60	6,2	12,4
12	0,15	80	7,2	14,4
15	0,15	100	8,0	16,0
3,7	0,2	19	3,5	7,0
4	0,2	20	3,6	7,2
6	0,2	30	4,4	8,8
7,4	0,2	37	4,9	9,8
8	0,2	40	5,1	10,2
9	0,2	45	5,4	10,8
12	0,2	60	6,2	12,4
15	0,2	75	7,0	14,0
3,7	0,3	12	2,9	5,8
4	0,3	13	3,0	6,0
6	0,3	20	3,6	7,2
7,4	0,3	25	4,0	8,0
8	0,3	27	4,2	8,4
9	0,3	30	4,4	8,8
12	0,3	40	5,1	10,2
15	0,3	50	5,7	11,4

На изображениях 4 и 5 представлены номограммы зависимости глубины тушения пожарных стволов от требуемой интенсивности подачи воды и производительности пожарных стволов, соответственно.

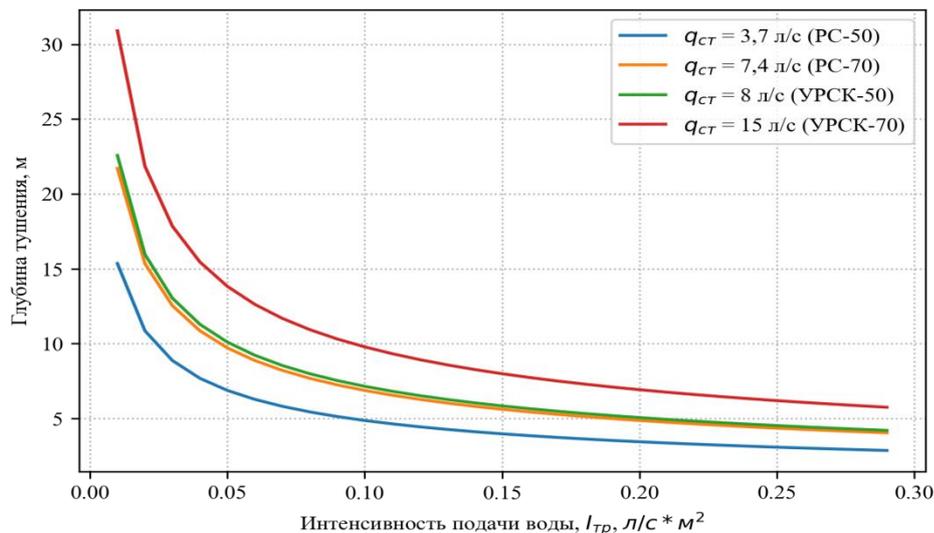


Рис. 4. Зависимость глубины тушения от требуемой интенсивности подачи воды для некоторых типов пожарных стволов

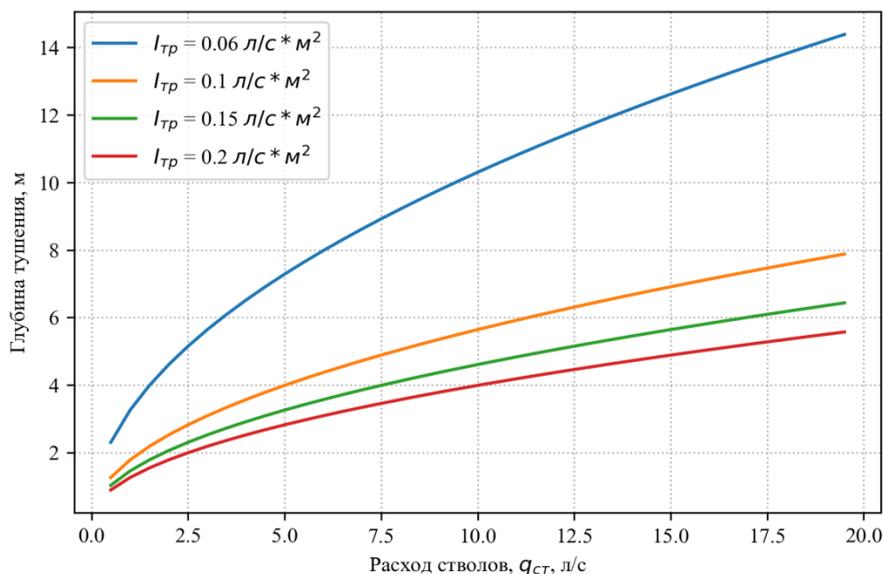


Рис. 5. Расчетная зависимость глубины тушения от расходов пожарных стволов для некоторых значений требуемой интенсивности подачи воды

Полученные значения параметров глубины тушения ручных пожарных стволов (при различных значениях требуемой поверхностной интенсивности подачи огнетушащих веществ) позволят корректно определять параметры тушения пожара (площадь, фронт), от чего напрямую зависит расчет необходимого количества сил и средств подразделений пожарной охраны, привлекаемых к ликвидации пожаров.

Заключение

Показано, что получаемые параметры (глубина и фронт) тушения современных пожарных стволов некорректны, при проведении аналитических расчетов сил и средств по существующей методике.

Сформулирован новый подход к методике аналитического расчета параметров тушения пожарных стволов, в зависимости от их расхода и интенсивности подачи огнетушащих веществ.

Разработанную авторами методику предлагается использовать для расчета необходимого количества сил и средств, задействованных в процессе тушения реальных пожаров, а также в образовательном процессе, организованном в учебных заведениях МЧС России.

Список источников

1. Куртов С.О., Трояк А.Ю., Яровой В.Ю., Андреев Ю.А. О необходимости уточнения основных технических характеристик, стоящих на вооружении в подразделениях МЧС России современных пожарных стволов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2024. – Т. 32, № 1. – С. 136-142. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.18.22.014.
2. ГОСТ Р 53331-2009. Техника пожарная. Стволы пожарные ручные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2009-05-01. – Москва: Стандартинформ, – 2009.
3. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара, Москва, Стройиздат, – 1987.
4. Повзик Я.С. Справочник руководителя тушения пожара / Повзик Я.С. – Москва, ЗАО «Спецтехника». – 2000 – С. 361.
5. Денисов А.Н. и др. Глубина тушения пожара как основание для ресурсного обоснования сил и средств пожарных подразделений // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2011. – №. 5. – С. 39.
6. Денисов А.Н. Формализация задачи управления ствольщиком на позиции по тушению пожара / Денисов А.Н. // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 2(72). – С. 122-129.
7. Гавкалюк Б.В., Бутко В.С., Турсенев С.А. [и др.] Пожарная тактика: учебник. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, – 2024. – С. 288. – ISBN 978-5-907724-72-3.
8. Наумов А.В. Сборник задач по основам тактики тушения пожаров: учебное пособие / Наумов А.В., Самохвалов Ю.П., Семенов А.О., ИВИ ГПС МЧС России, ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ М.М. ВЕРЗИЛИНА. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», – 2008. – С. 185.
9. Решетов А.П., Ключ В.В., Косенко Д.В., Решетов А.А. Техносферная безопасность. Пожарная тактика в вопросах и ответах – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, – 2022. – С. 96. – ISBN 978-5-907489-82-0.
10. Куртов С.О. О проблемах аналитического расчета необходимого количества современных пожарных стволов при тушении пожаров / Куртов С.О., Макаров В.М. // Пожарная и аварийная безопасность: Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ. – 2024. – С. 462-466.

References

1. Kurtov S.O., Troyak A.Yu., Yarovoy V.Yu., Andreev Yu.A. On the need to clarify the main technical characteristics of the modern fire barrels in service in the units of the Ministry of Emergency Situations of Russia // Siberian Fire Rescue Bulletin. – 2024. – Т. 32, № 1. – pp.136-142. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.18.22.014.
2. GOST P 53331-2009. Fire-fighting equipment. Hand fire barrels. General technical requirements. Test methods. - Vved. 2009-05-01. - Moscow: Standardinform. – 2009.

3. Ivannikov V.P., Klus P.P. Handbook of the head of fire extinguishing, Moscow, Stroyizdat. – 1987.
4. Povzik Y.S. Handbook of the Head of Fire Fighting / Povzik Y.S. – Moscow, CJSC "Spetstekhnika". – 2000 – pp. 361.
5. Denisov A.N. et al. Depth of fire extinguishing as a basis for resource justification of forces and means of firefighting units // Tehnologii tehnosfernoy bezopasnoy nauki: internet-journal. – 2011. – №. 5. – pp. 39.
6. Denisov A.N. Formalization of the control task of the gunner at the fire extinguishing position / Denisov A.N. // Technologies of technosphere safety. – 2017. – № 2(72). – pp. 122-129.
7. Gavkalyuk B.V., Butko V.S., Tursenev S.A. [and others] Fire tactics: textbook – St. Petersburg: St. Petersburg University of the State Fire Fighting Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev. – 2024. – pp. 288. - ISBN 978-5-907724-72-3.
8. Naumov A.V. Collection of tasks on the basics of firefighting tactics: textbook / Naumov A.V., Samokhvalov Y.P., Semyonov A.O., Ivanovo State Fire and Rescue Academy of the State Fire Protection Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, UNDER GENERAL EDITATION by M. M. Verzilin. – Ivanovo: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Fire Fighting Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters". – 2008. – pp. 185.
9. Reshetov A.P., Kluy V.V., Kosenko D.V., Reshetov A.A. Technosphere safety. Fire tactics in questions and answers - St. Petersburg: St. Petersburg University of the State Fire Fighting Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after Hero of the Russian Federation Army General E.N. Zinichev, – 2022. – pp. 96. – ISBN 978-5-907489-82-0.
10. Kurtov S.O. About the problems of analytical calculation of the required number of modern fire barrels in fire extinguishing / Kurtov S.O., Makarov V.M. // Fire and Emergency Safety: Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference dedicated to the 375th anniversary of fire protection of Russia, Ivanovo, 21.11.2024. - Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Fighting Service of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation. – pp. 462-466.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.01.2025, одобрена после рецензирования 17.03.2025, принята к публикации 20.03.2025.

The article was submitted 23.01.2025, approved after reviewing 17.03.2025, accepted for publication 20.03.2025