

Научная статья
УДК 614.89
doi10.34987/vestnik.sibpsa.2024.55.67.025

К вопросу о расчете параметров работы СИЗОД

Андрей Сергеевич Перевалов

Владимир Николаевич Сащенко

Михаил Александрович Беренгардт

Дмитрий Валерьевич Иванов

*Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России,
Екатеринбург, Россия*

Автор ответственный за переписку: Дмитрий Валерьевич Иванов, di-pilot@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, касающиеся расчета параметров работы в СИЗОД. Проведен сравнительный анализ имеющихся методик расчета, регламентированных различными нормативными документами. Представлены результаты опроса газодымозащитников о необходимости расчета параметров работы в непригодной для дыхания среде. Предложены универсальные формулы позволяющие сократить расчеты. Проанализированы статистические данные о несчастных случаях с газодымозащитниками во время работы в непригодной для дыхания среде. Приведены примеры расчета параметров работы СИЗОД для двух алгоритмов при одинаковых исходных данных.

Ключевые слова: Газодымозащитная служба, расчет параметров работы СИЗОД, непригодная для дыхания среда, звено газодымозащитной службы

Для цитирования: Перевалов А.С., Сащенко В.Н., Беренгардт М.А., Иванов Д.В. К вопросу о расчете параметров работы СИЗОД // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 2 (33). С. 241-253. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.55.67.025>

Original article

On the issue of calculating the parameters of the operation of personal respiratory protection equipment

Andrey S. Perevalov

Vladimir N. Sashchenko

Mikhail A. Berengardt

Dmitry V. Ivanov

The Ural Institute of State Firefighting Service EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Dmitry V. Ivanov, di-pilot@mail.ru

Abstract. The article deals with issues related to the calculation of the parameters of work in respiratory protection equipment. A comparative analysis of the existing methods of calculation regulated by various regulatory documents was carried out. The results of a survey of gas and smoke protection personnel on the need to calculate the parameters of work in an unbreathable medium are presented. Universal formulas are proposed to reduce calculations. Statistical data on accidents with gas and smoke protectors during work in an unbreathable medium are analyzed. Examples of calculating the parameters of work of respiratory protection equipment for two algorithms with the same initial data are given.

Keywords: Gas and smoke protection service, calculation of RPE operation parameters, unbreathable environment, gas and smoke protection unit

For citation: Perevalov A.S., Sashchenko V.N., Berengardt M.A., Ivanov D.V. On the issue of calculating the parameters of the SIZOD operation // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2024. № 2 (33). С. 241-253. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.55.67.025>

Боевые действия пожарно-спасательных подразделений по тушению пожаров являются трудоемким процессом. При этом, большинство случаев успешного выполнения основной боевой задачи, связанной со спасением людей, локализацией и ликвидацией пожаров, происходит в непригодной для дыхания среде (далее – НДС). Работа в таких сложных условиях требует определенных мероприятий, направленных как на защиту личного состава, спасаемых, так и на совершенствование средств и методов тушения пожара в условиях НДС и недостаточной видимости.

В связи с вступлением в силу новых правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (далее – СИЗОД) личным составом подразделений пожарной охраны, предусмотренных приказом МЧС России от 27.06.2022 № 640 [1, 2] (далее – приказ №640), возникло множество вопросов, которые носят как дискуссионный, так и спорный характер. Одним из камней преткновения стал расчет параметров работы в СИЗОД, когда вроде бы устоявшийся и всеми принимаемый порядок был упрощен [3].

Вместе с тем, методические указания по проведению расчетов параметров работы в СИЗОД, утвержденные 5 августа 2013 г. заместителем министра МЧС России генерал-полковником внутренней службы А.П. Чуприяном [4] (далее – методические указания), ввиду принадлежности к другому уровню нормативно-правовых актов и нормативных документов не были отменены.

Для сравнительного анализа имеющихся методик сведем их алгоритмы расчетов в Табл. 1. При этом, для удобства, будем рассматривать расчеты работы звена газодымозащитной службы (далее – звено ГДЗС) с дыхательными аппаратами на свежем воздухе (далее – ДАСВ).

Табл. 1. Расчет параметров работы в СИЗОД

№ п/п	Рассчитываемое значение	Методические указания от 05.08.2013	Приказ МЧС России от 27.06.2022 № 640
1.	Давление, которое газодымозащитники звена могут максимально израсходовать при следовании к очагу пожара, кгс/см ²	1.1. Если очаг не найден $P_{max.пад} = \frac{P_{min.вкл} - P_{уст.раб}}{2,5}$ 1.2. Если очаг не найден (для сложных условий) $P_{max.пад} = \frac{P_{min.вкл} - P_{уст.раб}}{3}$ 1.3. Если очаг пожара найден $P_{max.пад} = P_{пути} = max\Delta P$	$P_{max.пад} = \frac{P_{min.вкл.}}{3}$
2.	Контрольное давление, при котором звену ГДЗС необходимо начинать возвращаться из НДС, кгс/см ²	2.1. Если очаг не найден $P_{к.вых.} = P_{min.вкл.} - P_{max.пад.}$ 2.1. Если очаг пожара найден $P_{к.вых.} = P_{пути} + \frac{1}{2} P_{пути} + 10$ 2.3. Если очаг пожара найден (для сложных условий) $P_{к.вых.} = 2P_{пути} + 10$	$P_{к.вых.} = P_{min.вкл.} - P_{max.пад.}$ или $P_{к.вых.} = \frac{2}{3} P_{min.вкл.}$
3.	Промежуток времени с момента включения в	3.1. Если очаг не найден	$\Delta T = \frac{P_{max.пад.} \cdot V_6}{45}$

	СИЗОД до подачи команды постовым поста безопасности ГДЗС на возвращение звена ГДЗС из НДС, мин	$\Delta T = \frac{P_{max.пад.} \cdot V_6}{40 \cdot K_{сж.}}$ 3.2. Если очаг пожара найден $T_{раб} = \frac{(P_{min.оч.} - P_{к.вых}) \cdot V_6}{40 \cdot K_{сж.}}$	
4.	Время подачи команды постовым поста безопасности ГДЗС на возвращение звена ГДЗС из НДС	4.1. Если очаг не найден $T_{вых} = T_{вкл} + \Delta T$ 4.2. Если очаг пожара найден $T_{к.вых} = T_{оч} + T_{раб}$	$T_{вых} = T_{вкл} + \Delta T$
5.	Общее примерное время работы звена ГДЗС в НДС, мин	$T_{общ} = \frac{(P_{min.вкл.} - 10) \cdot V_6}{40 \cdot K_{сж.}}$	$T_{общ} = \frac{P_{min.вкл.} \cdot V_6}{45}$
6.	Время, при котором звено ГДЗС в обязательном порядке должно вернуться из НДС	$T_{возвр} = T_{вкл} + T_{общ}$	$T_{возвр} = T_{вкл} + T_{общ}$

Представленная таблица наглядно демонстрирует разные подходы к расчетам. До вступления в силу приказа №640 расчет проводился приближенно к боевым действиям пожарно-спасательных подразделений при тушении пожара. Расчеты изобилуют формулами в зависимости от условий работы, а также тем, обнаружен ли очаг пожара или нет. Учитывается не только объем баллона, но и давление, необходимое для устойчивой работы редуктора, коэффициент сжимаемости воздуха, зависящий от объема баллона и давления воздуха в баллоне.

Проведенный опрос личного состава, имеющих квалификацию газодымозащитник, показал неоднозначную реакцию представителей пожарной охраны по вопросу применимости формул [5] (Рис.1). При этом, интервьюируемые зачастую являлись представителями рядового, младшего и среднего начальствующего состава (пожарный, командир отделения, помощник начальника караула, начальник караула).

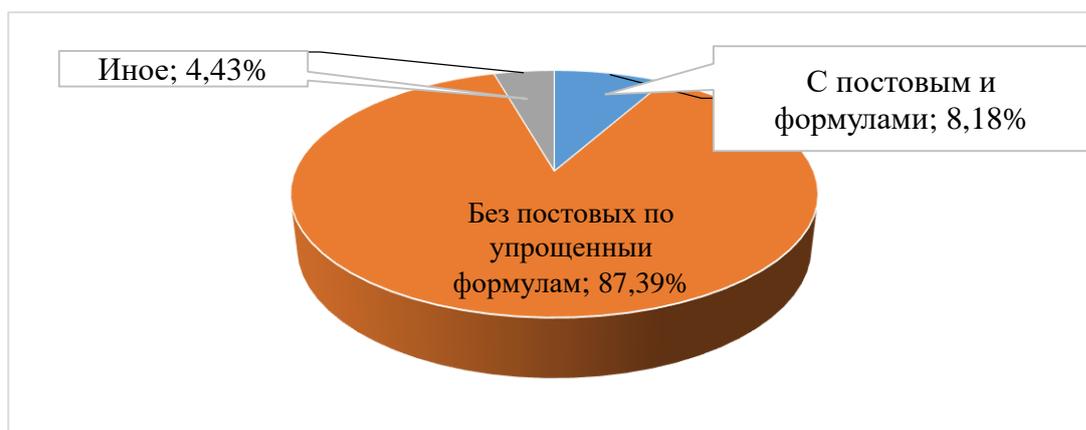


Рис.1. Результаты опроса о необходимости расчета параметров работы в НДС

Наработанный за годы практической деятельности звеньев ГДЗС опыт показывал работоспособность и надежность существующего алгоритма только для постового на посту

безопасности при наличии дополнительных справочных материалов. Всеми газодымозащитниками, при проведении проверок, демонстрировались удовлетворительные знания расчетов параметров работы в СИЗОД. При этом авторами сознательно опускается вопрос о работоспособности поста безопасности. С другой стороны, были предложены универсальные формулы, позволяющие сократить расчеты, сведя весь алгоритм к трем составляющим:

- давление максимального падения;
- давление контрольного выхода;
- время работы звена ГДЗС.

В основе расчета давления максимального падения, вероятнее всего, заложен риск-ориентированный подход, когда только одна треть дается на работу газодымозащитника. При такой точке зрения, одна треть будет закладываться на возвращение из НДС. Еще треть принимается на непредвиденные обстоятельства, такие как поломка дыхательного аппарата, необходимость работы спасательного устройства, что повышает выживаемость звена. Стоит отметить, что предложенный путь расчетов не копирует систему работы ГДЗС в США, где упрощение идет по формуле $3 \cdot 100$:

- 100 атм. на возвращение;
- 100 на непредвиденные расходы;
- 100 (либо оставшаяся величина) на работу в НДС.

Представленные формулы стали гораздо проще для расчетов всеми газодымозащитниками. Отсутствуют условия по сложности работы и варианты «очаг пожара найден/не найден». Коэффициент сжимаемости $K_{сж}$, зачастую равный 1,1, (для баллонов со сжатым воздухом вместимость 6,8-7 литров с рабочим давлением 29,4 МПа) стал сразу учитываться в среднем расходе воздуха, принимаемым теперь 45 л/мин. Не следует забывать, что:

$$K_{сж} = 1,1 \text{ при } P_{\text{min.вкл}} > 200 \text{ кгс/см}^2;$$

$$K_{сж} = 1,0 \text{ при } P_{\text{min.вкл}} \leq 200 \text{ кгс/см}^2$$

Для подтверждения выдвинутой теории риск-ориентированного подхода следует проанализировать статистические данные по несчастным случаям с газодымозащитниками [6-9].

В доковидный период наблюдалась динамика снижения показателей травматизма и травмирования личного состава пожарной охраны (Рис.2). Данный факт, вероятнее всего, говорит о эффективности проводимых мероприятий по профилактике возникновения несчастных случаев. Последние года имеет отрицательная динамика травматизма, что, наиболее вероятно, связано с переходом к дистанционным образовательным технологиям и снижением качества обучения охране труда в первую очередь рядового и младшего начальствующего состава в рамках профессионального обучения по профессии «Пожарный». Однако, данное предположение носит гипотетический характер и требует дополнительных исследований, выходящих за рамки рассматриваемой статьи.



Рис.2. Динамика производственного травматизма (в т.ч. гибели личного состава) ФПС МЧС России на

пожаре

При этом, за десять лет среднегодовой уровень производственного травматизма личного состава ФПС МЧС России на пожаре составляет $4,49 \cdot 10^{-4}$, а риск гибели достигает $4,86 \cdot 10^{-5}$. Погибнуть от отравления продуктами горения, или получить при этом травму, возможно с вероятностью $9,4 \cdot 10^{-6}$ и $3,6 \cdot 10^{-5}$ соответственно (Рис.3).

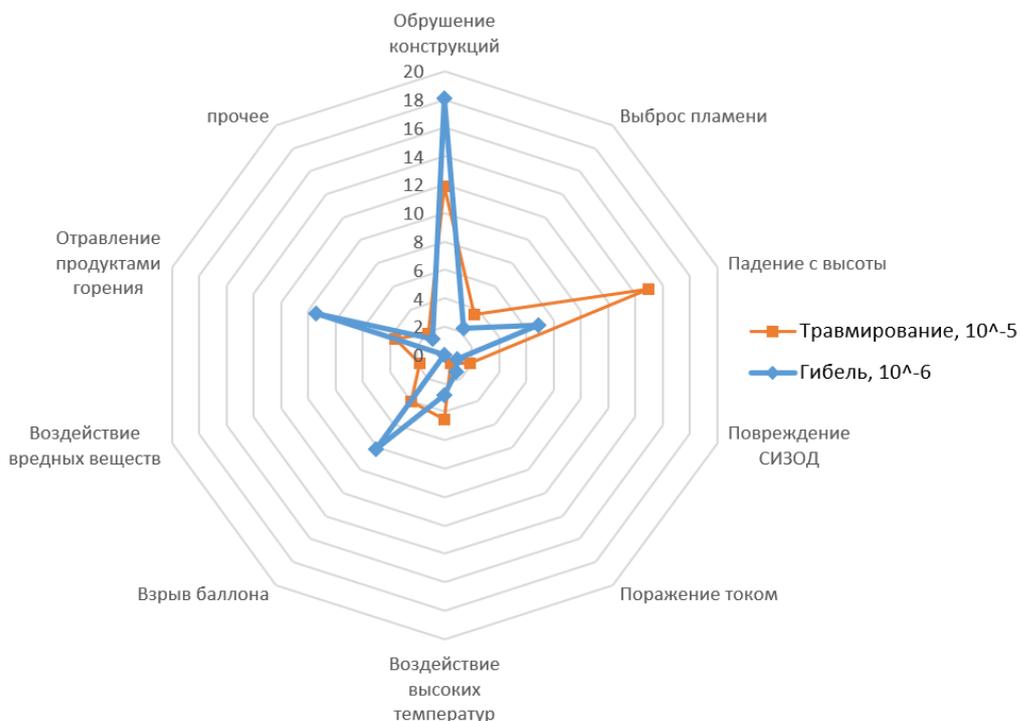


Рис.3. Структура производственного травматизма и гибели личного состава ФПС МЧС России на пожаре

Ведущими обстоятельствами получения травм на пожаре стали падение с высоты (30,74%), обрушение конструкций (24,39%), а так же воздействие высоких температур (9,22%), взрывы баллонов (8,2%) и отравление продуктами горения (7,38%). Приведенные пять причин составляют 80% от структуры всего производственного травматизма на пожаре.

Главными обстоятельствами гибели личного состава пожарной охраны на пожаре стали обрушение конструкций (35,21%), отравление продуктами горения (18,29%), взрывы баллонов (15,95%) и падение с высоты (13,42%). Данные факторы составляют 82,9% от всей гибели.

Проанализировав статистику травматизма и гибели газодымозащитников по объектам, на которых происходил пожар, приходим к выводу, что имеется устойчивая зависимость от пожаров в жилых и административных зданиях (Рис.4). Риски несчастных случаев в производственных или складских зданиях и сооружениях возрастают в разы. Следует отметить, что в качестве объектов пожара рассматривались только те, на которых происходила гибель или травмирование личного состава. При этом для каждого объекта горения необходимо соотносить причины несчастных случаев. Так, к примеру, для жилых зданий характерными причинами являются выброс пламени, взрывы баллонов, воздействие высоких температур. Данные факторы никак не связаны с израсходованием воздуха в баллонах СИЗОД.

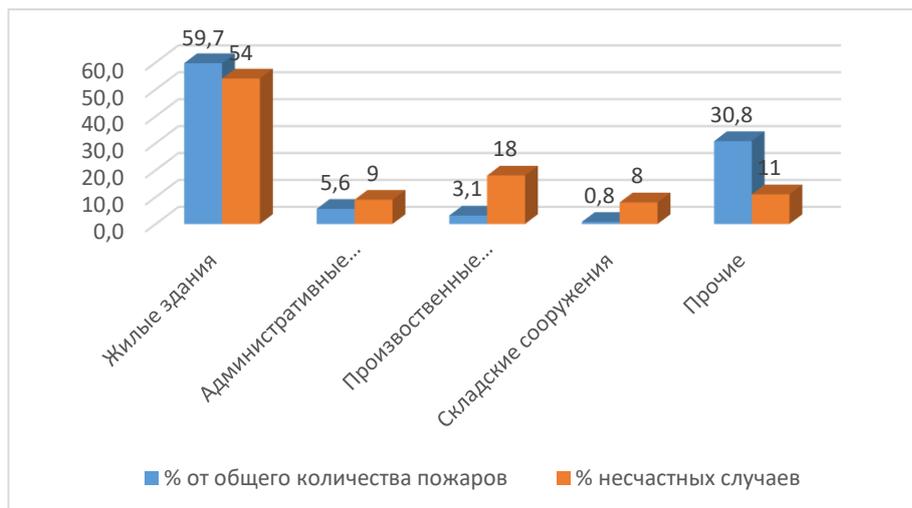


Рис.4. Распределение несчастных случаев с газодымозащитниками в зависимости от объекта пожара

Исходя из статистического анализа причин травматизма и гибели личного состава пожарной охраны, можно сделать вывод, что в современном мире на пожаре риск гибели газодымозащитника от нехватки воздуха (кислорода) не исключен, но носит незначительный вероятностный характер. Таким образом, авторы работы считают правомерным переход к упрощенной системе расчетов.

Утверждение нового порядка расчета параметров работы СИЗОД привело к изменению экспонетров для постовых на посту безопасности ГДЗС (Рис.5).

	Р min при включении (кгс/см2)											
	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240
Рmax. Пад	62	64	65	67	69	70	72	74	75	77	79	80
Рк.вых	123	126	130	133	136	140	143	146	150	153	156	160
ΔТ	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	12
Твых	Твкл + ΔТ											
Тобщ	27	28	29	30	30	31	32	33	34	34	35	36
Твозвр	Твкл + Тобщ											

	Р min при включении (кгс/см2)											
	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
Рmax. Пад	82	84	85	87	89	90	92	94	95	97	99	100
Рк.вых	163	166	170	173	176	180	183	186	190	193	196	200
ΔТ	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	14	15
Твых	Твкл + ΔТ											
Тобщ	37	37	38	39	40	40	41	42	43	43	44	45
Твозвр	Твкл + Тобщ											

Рис.5. Экспонетр для постовых на посту безопасности ГДЗС

Безусловно, в условиях стрессовой обстановки на месте пожара и зачастую недостаточного количества личного состава, когда приходится работать без постового на посту безопасности, нынешние формулы становятся актуальны и понятны для газодымозащитников, работающих в НДС.

Однако, следует разобраться и в обратной стороне предлагаемого алгоритма расчета. Так как от времени, выделенного на спасение или ликвидацию горения, будет зависеть не только предотвращенный ущерб, но и чьи-то спасенные жизни. Расточительно выходить из НДС при полупустом баллоне. Для наглядного понимания вопроса, ниже представлен пример расчета параметров работы в СИЗОД для двух алгоритмов при одинаковых исходных данных

(Табл.2). Значения $T_{вых}$ и $T_{возвр}$ рассчитывать не будем, так как данные факторы не будут раскрывать суть методик расчетов.

Пример: Давление в аппаратах газодымозащитников при включении составило 300, 280 и 270 кгс/см². Давление, при обнаружении очага горения составило 260, 240 и 235 кгс/см² соответственно. Объем баллона 6,8 л.

Табл.2. Пример расчета параметров работы в СИЗОД

Рассчитываемое значение	Методические указания от 05.08.2013				Приказ МЧС России от 27.06.2022 № 640
	Пожар не найден		Пожар найден		
	нормальные условия	сложные условия	нормальные условия	сложные условия	
$P_{\text{max.пад.}}$, кгс/см ²	104,0	86,7	40,0		90
$T_{\text{сл.к.очагу}}$, МИН	-	-	6,2		-
$P_{\text{к.вых.}}$, кгс/см ²	166,0	183,3	70	90	180
ΔT , МИН	16,1	13,4	25,5	22,4	13,6
Δ , мин	2,5	-0,2	11,9	8,8	-
δ , %	18,2	-1,5	87,5	64,8	-
$T_{\text{общ.}}$, МИН	40,2				40,8

Наблюдаем незначительные отклонения в относительной и абсолютной погрешности между методиками расчета, когда пожар не найден (2,5 минуты или 18,2 %), особенно для сложных условий работы (0,2 минуты или 1,5%). Следовательно, применение новой методики расчета, когда пожар не найден, возможно.

Вместе с тем, когда пожар обнаружен, идут существенные различия в сторону снижения времени работы по новому алгоритму. Даже для сложных условий работы при обнаруженном очаге горения только время работы у очага пожара на 64,5% больше, нежели рассчитанное по приказу №640. Если еще учесть время следования к очагу пожара 6,2 мин, то звено ГДЗС выйдет раньше на 15 минут. Когда пожар найден проведем детальный анализ расхождений расчетных значений параметров работы СИЗОД по двум методикам (Табл.3).

Расчеты представлены по методическим указаниям при объеме баллона 6,8 л. В заключительной строке время работы рассчитано по приказу № 640.

В представленной таблице желтым выделены те ячейки, время работы у очага пожара которых наиболее близко к расчетному по новому алгоритму. Наглядно видно, что оно практически в три раза ниже максимально возможного значения.

Для представления полной картины обстановки на пожаре, следует рассмотреть возможные сценарии пребывания газодымозащитников в НДС. Выделим три возможные объекта пожара, где имеется наибольшая вероятность несчастных случаев. Так, для жилых зданий наиболее вероятно израсходовать 10-25 кгс/см² при следовании к очагу пожара, что обусловлено близостью включения к входу в квартиру. Для них диапазон ячеек таблицы выделен зеленым цветом. Аналогичный подход применен для административных зданий (оранжевый), производственных и складских сооружений (красный). Таким образом, расчетное время работы у очага пожара для жилых зданий оказывается заниженным в 2,4 раза. Следовательно, расчетные значения целесообразно принимать по методическим указаниям, что позволит своевременно выполнить основную боевую задачу, спасти большее количество людей. Для административных зданий расчетное время работы у очага пожара занижено в 1,9 раз. Для производственного сектора, когда идут значительные временные затраты на продвижение по объекту и поиск очага горения, расчетные значения практически совпадут по обеим методикам.

Если же сравнивать сам промежуток времени с момента включения в СИЗОД до подачи команды постовым поста безопасности ГДЗС на возвращение звена ГДЗС из НДС от очага

пожара ($\Delta T = T_{сл.} + T_{раб.}$), то ситуация выглядит еще критичнее (Табл.4). Расхождения составляют для жилого, административного и производственного секторов в 2,6, 2,1 и 1,7 раза.

Помимо рассмотренных вопросов о расчетах параметров работы СИЗОД, остаются не раскрытыми корректность значений потребляемого воздуха в зависимости от степени тяжести выполняемой работы газодымозащитниками и включение в спасательное устройство пострадавшего [10, 11]. С точки зрения авторов он носит дискуссионный характер, когда следует учитывать и подготовку газодымозащитников, и работоспособность дыхательного аппарата, работающего на сжатом воздухе (заводскую настройку) газового редуктора и другие нюансы [12-14]. Однако, для снижения рисков оказаться с пустым баллоном в НДС, всегда целесообразно исходить из максимального среднего значения расхода воздуха.

Табл.3. Расчетные значения параметров работы СИЗОД

Р	300	295	290	285	280	275	270	265	260	255	250	245	240	235	230	225	220	215	210	205	200	195	190	185	180	175	170	165	160	155	150	145	140	135	130	125	120	115	110	105	100					
Т_{общ}	44,8	44,0	43,3	42,5	41,7	41,0	40,2	39,4	38,6	37,9	37,1	36,3	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0
Р_{max.па.}	96,7	95,0	93,3	91,7	90,0	88,3	86,7	85,0	83,3	81,7	80,0	78,3	76,7	75,0	73,3	71,7	70,0	68,3	66,7	65,0	63,3	61,7	60,0	58,3	56,7	55,0	53,3	51,7	50,0	48,3	46,7	45,0	43,3	41,7	40,0	38,3	36,7	35,0	33,3	31,7	30,0					
ΔР	Т_{ср}																																													
Время работы у очага пожара, мин																																														
5	0,8	42,5	41,7	41,0	40,2	39,4	38,6	37,9	37,1	36,3	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6				
10	1,5	40,2	39,4	38,6	37,9	37,1	36,3	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3				
15	2,3	37,9	37,1	36,3	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0				
20	3,1	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6				
25	3,9	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3				
30	4,6	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5						
35	5,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5									
40	6,2	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5												
45	7,0	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5															
50	7,7	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5																		
55	8,5	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5																					
60	9,3	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5																								
65	10,0	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5																											
70	10,8	12,4	11,6	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5																														
75	11,6	10,0	9,3	8,5	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5																																	
80	12,4	7,7	7,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5																																				
85	13,1	5,4	4,6	3,9	3,1	2,3	1,5																																							
90	13,9	3,1	2,3	1,5																																										
ΔТ, мин	15,1	14,9	14,6	14,4	14,1	13,9	13,6	13,3	13,1	12,8	12,6	12,3	12,1	11,8	11,6	11,3	11,1	10,8	10,6	10,3	10,1	9,8	9,6	9,3	9,1	8,8	8,6	8,3	8,1	7,8	7,6	7,3	7,1	6,8	6,5	6,3	6,0	5,8	5,5	5,3	5,0					

Табл.4. Промежуток времени с момента включения в СИЗОД до подачи команды постовым поста безопасности ГДЗС на возвращение звена ГДЗС из НДС от очага пожара, мин

Р	300	295	290	285	280	275	270	265	260	255	250	245	240	235	230	225	220	215	210	205	200
ΔР	Время работы до момента начала возвращения, мин																				
5	43,3	42,5	41,7	41,0	40,2	39,4	38,6	37,9	37,1	36,3	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8
10	41,7	41,0	40,2	39,4	38,6	37,9	37,1	36,3	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3
15	40,2	39,4	38,6	37,9	37,1	36,3	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7
20	38,6	37,9	37,1	36,3	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2
25	37,1	36,3	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6
30	35,5	34,8	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1
35	34,0	33,2	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5
40	32,5	31,7	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0
45	30,9	30,1	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5
50	29,4	28,6	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9
55	27,8	27,0	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4
60	26,3	25,5	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6	10,8
65	24,7	24,0	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4	11,6			
70	23,2	22,4	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1	12,4						
75	21,6	20,9	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9	13,1									
80	20,1	19,3	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7	13,9												
85	18,5	17,8	17,0	16,2	15,5	14,7															
90	17,0	16,2	15,5																		
ΔТ, мин	15,1	14,9	14,6	14,4	14,1	13,9	13,6	13,3	13,1	12,8	12,6	12,3	12,1	11,8	11,6	11,3	11,1	10,8	10,6	10,3	10,1

Таким образом, проведенный анализ производственного травматизма и гибели личного состава показал возможность применения новой методики расчетов параметров работы СИЗОД в соответствии с приказом №640 от 27.06.2022 г «Об утверждении Правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны», когда газодымозащитники в НДС по упрощенной схеме принимают соответствующие значения своей работы, когда очаг пожара не найден.

Для организации работы, когда очаг пожара найден, следует пересмотреть алгоритм расчета, давая больше возможности действий для газодымозащитников, что позволит не только повысить работоспособность газодымозащитной службы в целом, но и в меньшие временные сроки выполнить основную боевую задачу на пожаре, повысив тем самым эффективность своей деятельности. Так, к примеру, основополагающая формула для командира звена ГДЗС должна заключаться в давлении контрольного выхода, которое соответствует двукратному значению, затраченному на поиск очага пожара и спасаемых. Оставшаяся разность текущего значения давления в баллоне и $P_{к.вых.}$ будет отведено на деятельность звена. Алгоритм расчетов параметров работы в СИЗОД, по мнению авторов, примет следующий вид (Табл.5).

Табл.5. Расчет параметров работы в СИЗОД

№ п/п	Рассчитываемое значение	Очаг пожара не найден	Очаг пожара найден
1.	Давление, которое газодымозащитники звена могут максимально израсходовать при следовании к очагу пожара, кгс/см ²	$P_{max.пад.} = \frac{P_{min.вкл.}}{3}$	$P_{max.пад.} = P_{пути} = max\Delta P$
2.	Контрольное давление, при котором звену ГДЗС необходимо начинать возвращаться из НДС, кгс/см ²	$P_{к.вых.} = P_{min.вкл.} - P_{max.пад.} = \frac{2}{3} P_{min.вкл.}$	$P_{к.вых.} = 2P_{пути}$
3.	Промежуток времени с момента включения в СИЗОД до подачи команды постовым поста безопасности ГДЗС на возвращение звена ГДЗС из НДС, мин	$\Delta T = \frac{P_{max.пад.} \cdot V_б}{45}$	$T_{раб} = \frac{(P_{min.оч.} - P_{к.вых.})}{45}$
4.	Время подачи команды постовым поста безопасности ГДЗС на возвращение звена ГДЗС из НДС	$T_{вых.} = T_{вкл.} + \Delta T$	$T_{к.вых.} = T_{оч.} + T_{раб}$
5.	Общее примерное время работы звена ГДЗС в НДС, мин	$T_{общ.} = \frac{P_{min.вкл.} \cdot V_б}{45}$	
6.	Время, при котором звено ГДЗС в обязательном порядке должно вернуться из НДС	$T_{возвр.} = T_{вкл.} + T_{общ.}$	

Список источников

1. Приказ МЧС России от 27.06.2022 № 640 «Об утверждении Правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны».
2. Приказ МЧС России от 9.01.2013 г. № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде».
3. Выходи из огня. Особенности нынешних формул ГДЗС. Изменения и нововведения. URL: https://dzen.ru/a/ZEdULEO_Sj3KGrHM?utm_referer=www.google.com.
4. Методические указания по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, утвержденные 5 августа 2013 г. Письмо ДПСС МЧС России от 19.08.2013 №18-4-3-3158.
5. Как предпочтительнее, по-вашему, работать в НДС? URL: https://vk.com/wall-31039380_1674527.
6. Пожары и пожарная безопасность в 2011-2022: Статистический сборник. – М.: ВНИИПО, 2012 – 2023.
7. Анализ травматизма и гибели личного состава за 2020-2022: Отчеты отдела охраны труда. – М.: МЧС России, 2021-2023.
8. Анализ гибели газодымозащитников на территории Российской Федерации за 2011-2018 года. URL: <https://fireman.club/literature/analiz-gibeli-gazodymozashhitnikov-na-territorii-rf-za-2011-2018/>.
9. Евдокимов В.И., Путин В.С., Ветошкин А.А., Артюхин В.В. Обстоятельства производственного травматизма и гибели личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России (2010–2020 гг.). Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021; (4):5-19. URL: <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2021-0-4-05-19>.
10. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы ФПС МЧС России, утвержденные 30 июня 2008 г.
11. Грачев А.В., Поповский Д.В. Газодымозащитная служба: учебник / под общ. ред. д.т.н., профессора Мешалкина Е.А.. – М.: ООО «Столичный центр», 2006. – 397 с.
12. Совершенствование дыхательных аппаратов на сжатом воздухе путем внедрения атмосферного клапана / Сащенко В. Н., Пастухов К. В., Рассохин М. А., Перевалов А. С. // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций : Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Железногорск, 26 апреля 2019 года. – Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 682-686.
13. О требованиях к тренажеру обучения пожарных-спасателей приемам и методам безопасной работы на высоте / Перевалов А. С., Рассохин М. А., Елесина Ю. К. [и др.] // Техносферная безопасность. – 2019. – № 3(24). – С. 43-49.
14. Увеличение времени работы звена газодымоопасной службы в непригодной для дыхания среде, за счет модернизации дыхательного аппарата со сжатым воздухом / Сащенко В. Н., Беренгардт М. А., Рассохин М. А., Пастухов К. В. // Надежность и долговечность машин и механизмов : сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России и 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов, Иваново, 16 апреля 2020 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 296-300.

References

1. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia №. 640 dated 27.06.2022 «On approval of the rules for the use of personal protective equipment for respiratory organs and vision by personnel of fire protection units».
2. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia № 3 dated 09.01.2013 «On approval of the Rules for conducting rescue operations by personnel of the Federal Fire Service of the State Fire Service during fires using personal protective equipment for the respiratory organs and eyes in an unbreathable environment».

3. Exiting the fire. Features of current GZDS formulas. Changes and innovations. URL: https://dzen.ru/a/ZEdULEO_Sj3KGrHM?utm_referer=www.google.com.
4. Letter of the DPCC of the Ministry of Emergency Situations of Russia № 18-4-3-3158 dated 19.08.2013. «Guidelines for calculating the parameters of work in personal protective equipment for the respiratory organs and eyes, approved on August 5, 2013».
5. What do you think is the preferred way to work in the unbreathable environment? URL: https://vk.com/wall-31039380_1674527.
6. Fires and fire safety in 2011-2022: Statistical collection. - Moscow: All-Russian Research Institute for Fire Protection, 2012 - 2023.
7. Analysis of injuries and deaths of personnel for 2020-2022: Reports of the Labor Protection Department. – Moscow: EMERCOM of Russia, 2021-2023.
8. Analysis of the death of gas and smoke protectors on the territory of the Russian Federation for 2011-2018 URL: <https://fireman.club/literature/analiz-gibeli-gazodymozashhitnikov-na-territorii-rf-za-2011-2018/>.
9. Evdokimov V.I., Putin V.S., Vetoshkin A.A., Artyukhin V.V. Circumstances of occupational injuries and death of personnel of the Federal Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia (2010-2020). Biomedical and socio-psychological problems of safety in emergency situations. 2021; (4):5-19. URL: <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2021-0-4-05-19>.
10. Methodological recommendations on the organization and conduct of classes with the personnel of the gas and smoke protection service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, approved on June 30, 2008.
11. Grachev A.V., Popovsky D.V. Gas–smoke protection service: textbook / under the general editorship of Doctor of Technical Sciences, Professor Meshalkin E.A.. - M.: LLC "Capital Center", 2006. – 397 p.
12. Improving breathing apparatus in compressed air by introducing an atmospheric valve / Sashchenko V. N., Pastukhov K. V., Rassokhin M. A., Perevalov A. S. // Actual problems of ensuring fire safety and protection from emergencies : A collection of articles based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Zheleznogorsk, April 26, 2019. – Zheleznogorsk: Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2019. – pp. 682-686.
13. On the requirements for the simulator for training firefighters and rescuers in techniques and methods of safe work at altitude / Perevalov A. S., Rassokhin M. A., Elesina Yu. K. [et al.] // Technosphere safety. – 2019. – № 3(24). – Pp. 43-49.
14. Increasing the working time of the gas-powered service link in an environment unsuitable for breathing, due to the modernization of the breathing apparatus with compressed air / Sashchenko V. N., Berengardt M. A., Rassokhin M. A., Pastukhov K. V. // Reliability and durability of machines and mechanisms : a collection of materials of the XI All-Russian Scientific and Practical conference dedicated to the 30thThe 75th anniversary of the EMERCOM of Russia and the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War of 1941-1945, Ivanovo, April 16, 2020. – Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2020. – pp. 296-300.

Информация об авторах

А.С. Перевалов - кандидат технических наук

Information about the author

A.S. Perevalov - Ph.D. of Engineering Sciences

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 24.05.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 17.06.2024.

The article was submitted 24.05.2024, approved after reviewing 05.06.2024, accepted for publication 17.06.2024.