

*В.М. Стрелець, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
П.А. Ковальов, канд. техн. наук, доцент, Є.А. Молодика, В.М. Іщук
(Національний університет цивільного захисту України)*

РОЗКРИТТЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ ОПЕРАЦІЙ ГАЗОДИМОЗАХИСНИКІВ

Визначено, що знання закономірностей виконання газодимозахисниками основних операцій є необхідним для вдосконалення газодимозахисної служби, в першу чергу обґрунтування напрямків підготовки особового складу. Аналіз часу виконання основних операцій в ізолюючих апаратах показав, що їх з 10%-им рівнем значущості можна описати за допомогою β -розподілу. За величиною скошеності розподілу часу виконання типових операцій можна судити про рівень підготовленості рятувальників. Чим позитивніше значення аналізованого показника при оцінці часу виконання, тим більша кількість рятувальників виконує розглянуту оперативну операцію з результатами, близькими до найкращих. Відмічено, що екстремальна ситуація, що пов'язана з рятуванням людей, різко погіршує результати виконання навіть добре відпрацьованих у ході підготовки спеціальних тактичних прийомів.

Ключові слова: газодимозахисник, операція, час виконання, β -розподіл, скошеність.

В.М. Стрелец, П.А. Ковалев, Е.А. Молодыка, В.М. Ищук

РАСКРЫТИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ ГАЗОДИМОЗАЩИТНИКОВ

Определено, что знание закономерностей выполнения газодымозащитниками основных операций необходимо для совершенствования газодымозащитной службы, в первую очередь обоснования направленной подготовки личного состава. Анализ времени выполнения основных операций в изолирующих аппаратах показал, что они с 10% -ым уровнем значимости могут быть описанными с помощью β -распределения. По величине скошенности распределения времени выполнения типовых операций можно судить об уровне подготовленности спасателей. Чем больше положительное значение рассматриваемого показателя при оценке времени выполнения, тем большее количество спасателей выполняет рассматриваемую боевую операцию с результатами, близкими к лучшему. Отмечено, что экстремальная ситуация, связанная со спасением живых людей, резко ухудшает результаты выполнения даже хорошо отработанных в ходе подготовки специальных тактических приемов.

Ключевые слова: газодымозащитники, операция, время выполнения, β -распределение, скошенность.

V.M. Strelec, P.A. Kovalev, E.A. Molodyka, V.M. Ischuk

DISCLOSURE OF REGULARITIES RESCUE OF ACTIVITIES IN BREATHING APPARATUS WHEN PERFORMING BASIC COMBAT

Determined that the knowledge of the regularities rescuers perform basic operations necessary for the improvement of service protection against gas and smoke, in the first place study areas of training of personnel. Analysis of time to perform basic operations contained breathing apparatus showed that they are with 10% significance level can be described by a β -distribution. Largest skewness timing performance of typical operations can judge the level of preparedness of the rescuers. The greater the positive value of this indicator in the assessment of the execution time, the greater the number of rescuers carries out military operation under consideration with the results that are close to the best. Noted that extreme situation, related to the preservation of living people, worsens the results of even well-established in the preparation of special tactics.

Keywords: rescue of activities in breathing apparatus, operation, run time, β -distribution, skewness.

Постановка проблеми. Діяльність особового складу газодимозахисної служби (ГДЗС) є однією з найбільш складних та напружених, оскільки саме газодимозахисники безпосередньо виконують основні види бойової роботи (рятування людей, проведення розвідки, ліквідацію надзвичайних ситуацій, евакуацію найбільш дорогоцінного майна...) в непридатному для дихання середовищі. При цьому, на небезпеку газодимозахисників впливають не тільки зовнішні фактори надзвичайної ситуації, але й безпосередньо автономні ізолюючі апарати, які вони використовують.

Аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що є два основних напрямки, за якими відбувається дослідження роботи особового складу ГДЗС. По-перше, це дослідження [1, 2, 3] особливостей роботи в ізолюючих апаратах без визначення того, яким чином вони є пов'язаними не тільки з роботою в непридатному для дихання середовищі. Достатньо ефективним для визначення практичних рекомендацій тут є підхід, в основі якого лежить аналіз розподілу часу виконання типових операцій [3]. Проте, в [4, 5, 6] відмічена необхідність враховувати фактори, які пов'язані з необхідністю концентрації уваги, швидкості та правильності прийняття рішення рятувальниками за умов дефіциту часу та інформації, емоціями негативного характеру тощо.

По-друге, це дослідження того, як характеристики рятувальника, що є пов'язаними з мотивацією людини [7, 8] або з її здатністю до ризику в найбільш небезпечних, екстремальних умовах [9], впливають на його діяльність. При цьому не враховувалось, що робота в ізолюючих апаратах вже сама по собі є небезпечною.

Постановка завдання та його розв'язання. Виходячи з вищевикладеного для розкриття закономірностей виконання газодимозахисниками основних операцій бойової роботи були проаналізовані розподіли часових характеристик виконання операцій, які є характерними для екстремальної діяльності особового складу оперативно-рятувальних підрозділів Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) в ізолюючих апаратах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Найбільш точні закономірності могли б бути отримані за результатами статистичної оцінки конкретних випадків проведення рятувальних робіт. Проте, такий підхід дасть недостовірні результати у зв'язку з обмеженою вибіркою й труднощами виділення для аналізу окремих операцій безпосередньо в ході бойової роботи. Використовувати ж повномасштабні тренажери найближчим часом не буде можливим внаслідок їх вартості [10].

Через це під час дослідження використовувалось фізичне моделювання діяльності газодимозахисників в теплодимокamerі Харківського гарнізону ДСНС. Теплодимокamera (ТДК) складається з ділянок, що дають змогу моделювати діяльність газодимозахисників. За допомогою димової шашки забезпечувалась висока концентрація диму і, відповідно, обмежена видимість. Через динаміки відтворювався шум, властивий пожежі (обвалення конструкцій, крики потерпілих і тому подібне).

За умовами досліду, пожежа охопила будівлю, яка має складне конструктивно-планувальне рішення. Перед особовим складом стояло завдання проведення розвідки в цьому будинку і після виявлення в одному з приміщень потерпілого винести його на свіже повітря. Залежно від вказівок керівника експерименту, виносився як манекен, так і один з членів ланки.

Після підготовки ланки до роботи, бойової перевірки і включення в регенеративні дихальні апарати (етап № 1) ланка входила в димокamerу і, рухаючись вздовж правої капітальної стіни всередині приміщення, проводила розвідку (етап № 2), відключаючи електрорубильник й сигналізатори пожежі, перекривала воду і газ (етап № 3). У житловому приміщенні проводилась розвідка (етап № 4.11 – виконувався у випадку, якщо потерпілий знаходиться в підвальному лабіринті) або ж пошук потерпілого (етап № 4.2). За умови перебування потерпілого в житловій зоні теплодимокamerи, манекена (етап № 5.21) або одного з номерів розрахунку (етап № 5.22) виносили тим шляхом, яким ланка заходила. У випадку, якщо потерпілого в житловому приміщенні виявлено не було, ланка, просунувшись далі, шукала потерпілого в підвальному лабіринті (етап № 4.12). Після виявлення, його аналогічно етапу № 5.21 і № 5.22, виносили на свіже повітря (відповідно етапи № 5.11 і № 5.12). Відмінність в тому, що завершальну ділянку ланка проходила естакадою, що має майданчики на різних рівнях та велику кількість поворотів).

Результати обробки отриманих експериментальних даних часу виконання розглянутих операцій (всього дослідженню було піддано п'ятдесят ланок ГДЗС) методами математичної статистики наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень роботи газодимозахисників

Показник	Етап									
	1	2	3	4.11	4.12	5.11	5.12	4.2	5.21	5.22
\bar{t}_j	104,2	17,82	67,64	166,9	219,0	37,25	46,83	202,5	29,23	33,77
σ_j	31,02	4,91	19,55	73,63	91,12	6,47	8,80	99,05	7,20	10,11
Sk_j	1,05	0,63	-0,26	-0,05	-0,39	0,22	-0,72	-0,23	0,76	0,75
Ex_j	1,20	0,17	0,01	-0,52	-0,63	0,35	0,07	-1,05	0,47	-0,23
Min	62,00	10,00	24,00	30,00	25,00	26,00	30,00	25,00	20,00	20,00
Max	205,0	32,00	115,0	300,0	360,0	50,00	60,00	365,0	45,00	53,00
α_j	1,179	1,444	2,456	1,413	1,482	1,857	1,550	1,073	1,100	
β_j	2,968	2,732	2,715	1,470	1,144	2,394	1,318	1,030	2,206	

Аналіз отриманих результатів показав, що, як правило (винятком є етап 5.22), розподіл часу виконання характеризується наявністю однієї вершини та скошеністю. За величиною показника останнього:

$$Sk_j = \frac{1}{n \cdot G_j^3} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{ji} - \bar{t}_j)^3, \quad (1)$$

(де n – число незалежних дослідів, t_{ji} – результат i -го вимірювання j -го параметра, \bar{t}_j , σ_j – відповідно оцінка його математичного очікування та середньоквадратичного відхилення) можна судити про рівень підготовленості газодимозахисників, виходячи з того, що розподіл часу виконання операцій, до виконання яких рятувальники підготовлені добре, має позитивну скошеність, а до виконання яких недостатньо – негативну [11].

Враховуючи скошений характер розподілів, а також те, що метод експертних оцінок, за допомогою якого можуть бути отримані відсутні вихідні дані в разі потреби їх використання для імітаційного моделювання, базується на застосуванні β -розподілу [12]; була перевірена можливість опису розподілу отриманих результатів за допомогою β -розподілу. Для отримання параметрів останнього вихідні дані були розміщені в діапазоні від 0 до 1 шляхом кодування:

$$x_i = \frac{(t_i - t_{i\min})}{\Delta t_i}, \quad (2)$$

де $\Delta t_i = t_{i\max} - t_{i\min}$.

Параметри β -розподілу α та β (табл.1) були знайдені методом найшвидшого спуску [13] за допомогою пакету прикладних статистичних програм [14]. Оцінка ступеня узгодження теоретичних і статистичних розподілів за допомогою критерію Колмагорова $K(\chi)$ [15] показала, що з 10%-им рівнем значимості можна говорити про їх збіжність.

Аналіз отриманих результатів (див. табл.1) показав, що типові операції, які не пов'язані з безпосереднім проведенням рятувальних робіт (див. рис.1), відрізняються тим, що скошений характер достатньо сильно проявляється під час підготовки ланки до роботи в непридатному для дихання середовищі

$$\beta(x_1; 1,179; 2,968) = \frac{1}{B(1,905; 2,686)} \cdot \int_0^{x_1} y^{0,179} \cdot (1-y)^{1,968} dy, \quad (3)$$

що може бути пояснено як тим, що особовий склад добре підготовлений до виконання цієї операції (практично одні і ті ж дії виконуються ним не рідше 1 разу на квартал), в результаті чого кожен номер добре знає свої дії, так і тим, що вона виконується на посту безпеки на свіжому повітрі.

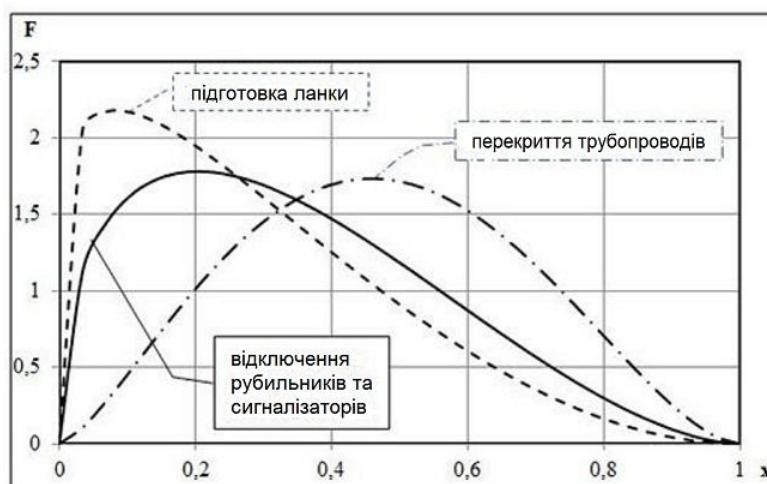


Рисунок 1 – Розподіл часу (в кодованих перемінних) виконання газодимозахисниками типових операцій, що не пов’язані з безпосереднім проведенням рятувальних робіт

Також скошений характер мають розподіли часу виконання операцій, які відрізняються здійсненням простих однотипних дій. Наприклад, відключення рубильників і сигналізаторів

$$\beta(x_2; 1,444; 2,732) = \frac{1}{B(1,444; 2,732)} \cdot \int_0^{x_2} y^{0,444} \cdot (1-y)^{1,732} dy. \quad (4)$$

Проте, вже операція перекидання трубопроводів

$$\beta(x_3; 2,456; 2,715) = \frac{1}{B(2,456; 2,715)} \cdot \int_0^{x_3} y^{1,456} \cdot (1-y)^{1,715} dy, \quad (5)$$

яка потребує взаємодії між членами ланки, що працюють у зчепленні, орієнтації в просторі та наявності сили, з 5%-им рівнем значимості може описуватись нормальним законом

$$f(t_3) = \frac{1}{19,55 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t_3-67,64)^2}{764,41}} \quad (6)$$

Аналіз операцій з пошуку потерпілого (див. рис. 2) показує, що розподіл часу його пошуку в житловому приміщенні

$$\beta(x_{4.2}; 1,073; 1,030) = \frac{1}{B(1,073; 1,030)} \cdot \int_0^{x_{4.2}} y^{0,073} \cdot (1-y)^{0,030} dy \quad (7)$$

може розглядатися фактично як безперервну рівномірну залежність, оскільки [15] $\alpha \approx \beta \approx 1$. Це пояснюється випадковим характером розміщення манекена.

У випадку пошуку потерпілого в лабіринті розподіл щільності вірогідності

$$\beta(x_{4.11}; 1,413; 1,470) = \frac{1}{B(1,413; 1,470)} \cdot \int_0^{x_{4.11}} y^{0,413} \cdot (1-y)^{0,470} dy \quad (8)$$

фактично є симетричним щодо $x_{4.11} = 1/2$, що може бути пояснено випадковою досить великою відстанню, яку проходить ланка ГДЗС, рухаючись до потерпілого по лабіринту.

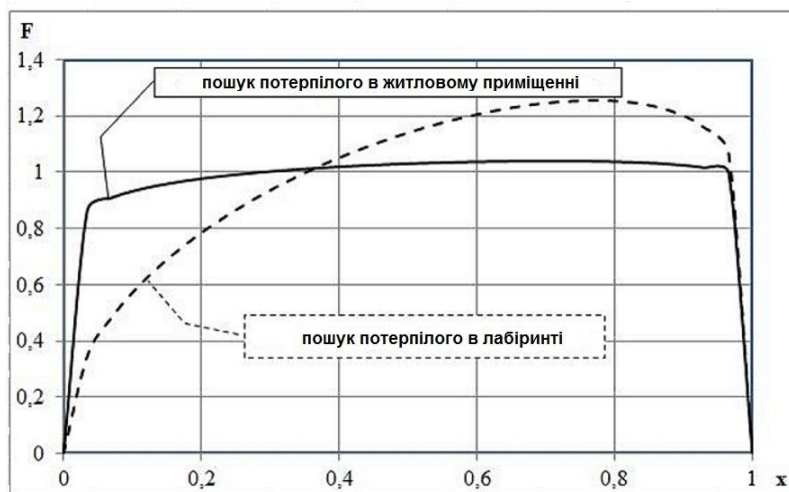


Рисунок 2 – Розподіл часу (в кодovаних перемінних) пошуку потерпілого

Аналіз операцій, пов'язаних з евакуацією потерпілих з непридатного для дихання середовища (див. рис. 3 і рис.4) показує, що на характер розподілу часу дуже сильно впливає психологічний фактор.

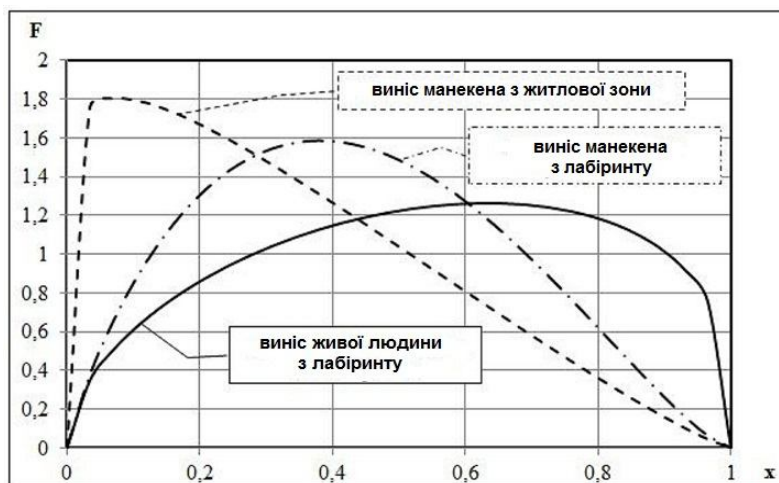


Рисунок 3 – Розподіл часу (в кодovаних перемінних) виносу газодимозахисниками потерпілого на свіже повітря

Так, коли в якості «потерпілого» використовувався манекен, розподіли часу і у випадку його виносу з жилої зони

$$\beta(x_{5,21}; 1,100; 2,206) = \frac{1}{B(1,100; 2,206)} \cdot \int_0^{x_{5,21}} y^{0,100} \cdot (1-y)^{1,206} dy, \quad (9)$$

і у випадку виносу по лабіринту

$$\beta(x_{5,11}; 1,857; 2,394) = \frac{1}{B(1,857; 2,394)} \cdot \int_0^{x_{5,11}} y^{0,857} \cdot (1-y)^{1,394} dy \quad (10)$$

характеризуються позитивною скошенністю, яка може бути пояснена хорошим рівнем витривалості підослідних. При цьому більш високий показник у разі винесення потерпілого з житлової кімнати викликаний тим, що в цьому випадку ланка поверталася на чисте повітря по тому маршруту, яким вона пройшла під час входу, уздовж рукавної лінії. При винесенні потерпілого по лабіринту крім витривалості важливим фактором додатково була здатність командира ланки орієнтуватися в просторі.

При винесенні живої людини по лабіринту характер розподілу часу виконання цієї операції

$$\beta(x_{5,12}; 1,550; 1,318) = \frac{1}{B(1,550; 1,318)} \cdot \int_0^{x_{5,12}} y^{0,550} \cdot (1-y)^{0,318} dy \quad (11)$$

стає негативним, що може бути викликано, насамперед, побоюванням завдати травми людині, яка виступає в якості потерпілого, в процесі руху по шляху з великою кількістю різноманітних поворотів.

Особливо слід виділити (див. рис.4) випадок вносу людини добре підготовленими газодимозахисниками по досить простому маршруту (уздовж рукавної лінії, етап 5.22).

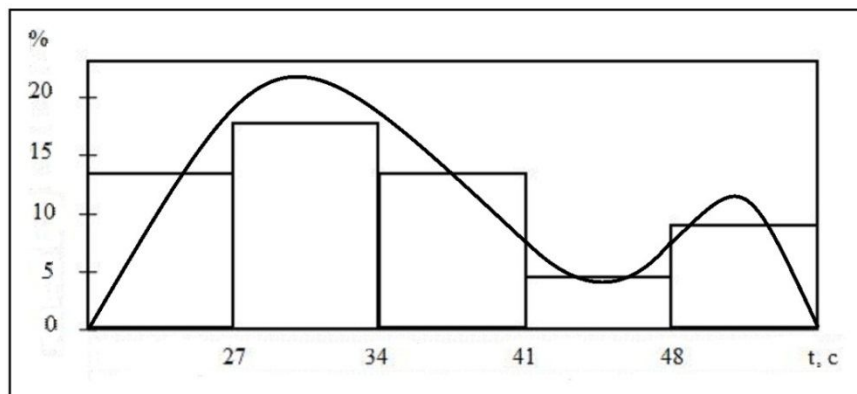


Рисунок 4. Гістограма розподілу часу вносу газодимозахисниками живої людини на свіже повітря за відомим маршрутом

Видно, що в даному випадку екстремальна ситуація, пов'язана з необхідністю уникнути травм живої людини, різко погіршує у деяких (близько 10%) газодимозахисників результати виконання такої операції, до виконання якої вони, коли працюють без екстремального навантаження, підготовлені добре. При цьому говорити про те, що представлений на рис. 4 двовершинний розподіл не може розглядатися у вигляді суми двох незалежних розподілів, оскільки модуль його ексцесу ($Ex_{5,22} = -0,23$) менший за 2 [15].

ВИСНОВКИ

– розподіли термінів виконання операцій, які характеризуються здійсненням простих однотипних дій, мають скошений характер і з 10% -им рівнем значущості можуть бути описані за допомогою β -розподілів, які мають параметри, що відображають позитивну скошеність в разі доброї підготовленості рятувальників, і негативну - у разі недостатньої. Чим більше позитивне значення аналізованого показника при оцінці часу виконання, тим більша кількість рятувальників виконує розглянуту бойову операцію з результатами, близькими до найкращих. Це свідчить про те, що подальша підготовка не дасть істотного поліпшення результатів. І навпаки, чим більший модуль цього показника для розподілів з негативною скошеною (при оцінці тривалості виконання), тим істотніше будуть поліпшуватися результати після тренування. Ускладнення операції призводить до того, що закон розподілу часу її виконання стає нормальним;

– на характер розподілу часу дуже сильно впливає психологічний фактор, який, в першу чергу, пов'язаний з побоюваннями газодимозахисників завдати травм живій людині (потерпілому). У разі винесення з непридатного для дихання середовища живої людини по досить простому маршруту майже у 10% газодимозахисників нестандартна екстремальна ситуація різко погіршує результати виконання цієї операції, до якої вони, коли працюють без екстремального навантаження, підготовлені добре.

Напрямок подальших досліджень. Доцільно дослідити особливості дій рятувальників в непридатному для дихання середовищі в інших екстремальних ситуаціях (при гасінні багатоповерхових будівель та ліквідації надзвичайних ситуацій тощо).

Список літератури

1. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ / Н.С. Диденко – М.: Недра, 1984. – 296 с.
2. Грачев В.А. Управление профессиональной подготовкой пожарных на основе исследования закономерностей их физической работоспособности: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: 05.01.04 «Эргономика» / В.А. Грачев – Москва, 2001. – 20 с.
3. Стрелец В.М. Особенности выполнения типовых операций, обеспечивающих проведение аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена / В.М. Стрелец, П.Ю. Бородич, С.С. Беридзе // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2008. – №7. – С. 124-131.
4. Медведев В.И. Психологические реакции человека в экстремальных условиях / В.И. Медведев – М.: Наука, 1981. – 625 с.
5. Дутов В.И. Основные аспекты психофизиологического отбора в эмоциональной напряженности у людей на пожаре / В.И. Дутов // Безопасность людей при пожарах: Сборник научных трудов. – М., Стройиздат, 1994. – С.41-45.
6. Системный подход в инженерной психологии и психологии труда : [сб. статей Рос. акад. наук, Инст. психологии / отв. ред. Бодров В.А. и Венда В.Ф.]. – М.: Наука, 1992. – 156 с.
7. Марьин М. Психологические и социальные проблемы работы пожарных / М. Марьин, С. Ловган // Пожарное дело. – 1994. – N 3. – С.44-47.
8. Самонов А.П. Психологическая подготовка пожарных / А.П. Самонов – М.: Стройиздат, 1987. – 167с.
9. Дутов В.И. Психофизиологические и гигиенические аспекты деятельности человека при пожаре / В.И. Дутов, И.Г. Чурсин – М.: Стройиздат, 1993. – 231с.
10. Explosion im Dorfkern // Pirchl Christoph. Schweiz. Feuerwehr – Ztg. – 2005, 131, № 2. – P. 53-54.
11. Абрамов Ю.А. Имитационная оценка деятельности боевых расчетов пожарных автомобилей / Ю.А. Абрамов, В.Н. Чучковский, В.М. Стрелец // Эргономика на автомобильном транспорте: Сб. науч. тр. – Харьков, ХГАДТУ, 1997. – С. 92-95.
12. Стрелец В.М. Применение экспертного метода для непосредственной оценки результатов деятельности // Информационные системы: Сб. науч. тр. Вып.2(10). – Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ, 1988. – С.165-168.
13. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – 2-е изд., стереотип. – М.: МГТУ им. Н.С. Баумана, 2003. – 440 с.
14. Фигурнов С.Н. Microsoft Excel – инструкция пользователю. – Москва, 2003. – 347 с.
15. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений – Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1971. – 576 с.

References

1. Didenko N.S. Regenerativnye respiratory dlya gornospasatel'nykh rabot/ N.S. Didenko – М.: Nedra, 1984. – 296 s.
2. Grachev V.A. Upravlenie professional'noi podgotovkoi pozharnykh na osnove issledovaniya zakonornostei ikh fizicheskoi rabotosposobnosti: avtoref. dis. na soiskanie uch.stepeni kand. tekhn. nauk: 05.01.04 «Ergonomika» / V.A. Grachev – Moskva, 2001. – 20 s.
3. Strelets V.M. Osobennosti vypolneniya tipovykh operatsii, obespechivayushchikh provedenie avariino-spasatel'nykh rabot na stantsiyakh metropolitena / V.M. Strelets, P.Yu. Boro-dich, S.S. Beridze // Problemi nadzvichainikh situatsii. – 2008. – №7. – S. 124-131.
4. Medvedev V.I. Psikhologicheskie reaktsii cheloveka v ekstremal'nykh usloviyakh / V.I. Medvedev – М.: Nauka, 1981. – 625 s.

5. Dutov V.I. Osnovnye aspekty psikhofiziologicheskogo otbora v emotsional'noi napryazhennosti u lyudei na pozhare / V.I. Dutov // Bezopasnost' lyudei pri pozharakh: Sbornik nauchnykh trudov. – M., Stroizdat, 1994. – S.41-45.
6. Sistemnyi podkhod v inzhenernoi psikhologii i psikhologii truda : [sb.statei Ros. akad. nauk, Inst. psikhologii / otv.red. Bodrov V.A. i Venda V.F.]. – M.: Nauka, 1992. – 156 s.
7. Mar'in M. Psikhologicheskie i sotsial'nye problemy raboty pozharnykh / M. Mar'in, S. Lovgan // Pozharnoe delo. – 1994. – N 3. – S.44-47.
8. Samonov A.P. Psikhologicheskaya podgotovka pozharnykh / A.P. Samonov– M.: Stroizdat, 1987. – 167s.
9. Dutov V.I. Psikhofiziologicheskie i gigieniticheskie aspekty deyatel'nosti cheloveka pri pozhare / V.I. Dutov, I.G. Chursin– M.: Stroizdat, 1993. – 231s.
10. Explosion im Dorfkern // Pirchl Christoph. Schweiz.Feuerwehr – Ztg. – 2005, 131, № 2. – P. 53-54.
11. Abramov Yu.A. Imitatsionnaya otsenka deyatel'nosti boevykh raschetov pozharnykh avtomobilei / Yu.A. Abramov, V.N. Chuchkovskii, V.M Strelets // Ergonomika na avtomobil'nom transporte: Sb. nauch. tr. – Khar'kov, KhGADTU, 1997. – S. 92-95.
12. Strelets V.M. Primenenie ekspertnogo metoda dlya neposredstvennoi otsenki rezul'tatov deyatel'nosti // Informatsionnye sistemy: Sb. nauch. tr. Vyp.2(10). – Khar'kov: NANU, PANI, KhVU, 1988. – S.165-168.
13. Attetkov A.V., Galkin S.V., Zarubin V.S. Metody optimizatsii: Ucheb. dlya vuzov / Pod red. V.S. Zarubina, A.P. Krishchenko. – 2-e izd., stereotip. – M.: MGTU im. N.C. Baumana, 2003. – 440 s.
14. Figurnov S.N. Microsoft Exel – instruktsiya pol'zovatelyu. – Moskva, 2003. – 347 s.
15. Mitropol'skii A.K. Tekhnika statisticheskikh vychislenii – Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoi literatury izdatel'stva "Nauka", 1971. – 576 s.