

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТРАНСПОРТЕ

И.В. Сараев;

А.Г. Бубнов, доктор химических наук, доцент.

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Рассмотрены основные положения методики, рекомендованной авторами для выбора пожарно-технического оборудования с целью технического оснащения пожарно-спасательных подразделений МЧС России в рамках реализации федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года». Методика предполагает выбор основного пожарно-технического оборудования для ликвидации чрезвычайных ситуаций на транспорте. Показано, что наряду с тактико-техническими характеристиками пожарно-технического оборудования необходимо дополнительно учитывать характеристики надёжности последнего.

Ключевые слова: надёжность, вероятность отказа, выбор, пожарно-техническое оборудование, ущерб, относительная общая польза

METHODS OF RATIONALE SELECTION AND IMPROVEMENT OF TECHNICAL EQUIPMENT FOR DEPARTMENTS OF EMERCOM OF RUSSIA FOR THE LIQUIDATION OF EMERGENCIES IN TRANSPORT

I.V. Saraev; A.G. Bubnov.

Ivanovo fire and rescue academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The main provisions of the methodology recommended by the authors for the selection of fire-technical equipment to the technical equipping of fire-rescue departments of EMERCOM of Russia within the framework of the Federal Target Program «Risk reduction and mitigation of natural and man-made disasters in the Russian Federation till 2015». The technique involves the selection of the main fire-technical equipment for the liquidation of emergencies in transport. It is shown that, along with tactical and technical characteristics of fire-technical equipment it is also necessary to take into account the characteristics of the reliability of fire-technical equipment.

Keywords: reliability, probability of failure, choice, fire-technical equipment, damage, relative profit

В последние годы по всему миру, в том числе и на территории Российской Федерации, наблюдаются тенденции к увеличению числа аварий и катастроф как природного, так и техногенного характера [1]. По статистике в России ежегодно происходит 250–260 чрезвычайных ситуаций (ЧС) (без учёта пожаров) различного масштаба, число ЧС ежегодно снижается в среднем на 4 % в результате проведения пропаганды, обучения населения первичным действиям при ЧС и превентивных мер обеспечения безопасности на объектах защиты [2]. Причём подавляющее большинство ЧС – техногенные (179–186 ЧС в год). Указанные обстоятельства определённо повлияли на необходимость принятия федеральной целевой программы (ФЦП) «Снижение рисков и смягчение последствий (ЧС)

природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года» [3], основными целями которой является «снижение риска ЧС природного и техногенного характера; сокращение количества погибших и пострадавших в ЧС; предотвращение экономического ущерба от ЧС».

В рамках реализации ФЦП авторами была разработана методика обоснования выбора и совершенствования технического оснащения подразделений МЧС России при ликвидации ЧС на транспорте, основанная на концепции «польза–вред» («оправданность деятельности»).

Под техногенными ЧС на транспорте понимались: аварии и крушения на железнодорожном, морском, автомобильном, авиатранспорте и аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ (АХОВ). Для выполнения работ по ликвидации последствий аварий и проведения других неотложных работ, на которых пожарно-спасательными подразделениями (ПСП) МЧС России используется широкий перечень как аварийно-спасательных средств, так и средств индивидуальной защиты.

Объектом исследования являлось пожарно-техническое оборудование (ПТО), используемое ПСП МЧС России для выполнения поставленных задач. В качестве примера, было рассмотрено следующее ПТО:

- гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ);
- пожарные рукава;
- средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).

Целью работы стала разработка и апробация методики выбора ПТО, применительно к конкретному субъекту Российской Федерации, в котором расположено подразделение МЧС России, на основе подходов, приведённых в работе [4].

Отметим, что в настоящее время известно большое количество методов расчёта показателей надёжности, основанных на математическом и эвристическом подходах, а также на их сочетании. Проблеме определения и оценки надёжности технических средств посвящено огромное количество научных трудов как отечественных, так и зарубежных авторов [5–7]. Основными искомыми показателями, в которых являются безотказность и долговечность технических средств [8–11].

За основу разработанной методики были приняты общепринятые правила обоснованности, достоверности и воспроизводимости полученных научных результатов в соответствии с требованиями [12]. Адекватность выбранного метода базировалась на исследованиях чувствительности моделей к погрешностям исходных данных для расчёта, а также полнотой использования в расчёте всей доступной информации об объекте исследования, условиях его эксплуатации, системе технического обслуживания и ремонта.

Исходными данными для расчёта надёжности исследуемых объектов послужили оценки показателей надёжности, параметры законов распределения характеристик надёжности ПТО, полученные в процессе его эксплуатации. В свою очередь, источниками исходных данных послужили статистические данные, характеризующие параметры операций по ТО и ремонту, собранные в процессе эксплуатации.

Предлагаемая методика выбора ПТО для нужд ПСП МЧС России основана на использовании комплексного показателя «относительная общая польза» (W), рассчитываемого как отношение математического ожидания ущерба от внезапного прекращения работы (отказа) к сумме величины уровня техногенного риска в стоимостном выражении и затрат на снижение (предотвращение) уровня техногенного риска эксплуатации ПТО [4]:

$$W = \frac{V}{G + B},$$

где V – величина предотвращённого ущерба от выхода из строя (отказа) ПТО при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ, руб.; G – затраты на предотвращение и снижение уровня техногенного риска, руб. В случае с ПТО это стоимость проведения регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонту

(эксплуатационные затраты); B – уровень техногенного риска, представленный в стоимостном выражении как произведение вероятности отказа и величины ущерба:

$$B = Q \cdot V,$$

где Q – вероятность отказа исследуемого ПТО.

В случае с ПТО величина предотвращённого ущерба может приниматься равной статистической стоимости жизни (ССЖ), так как за ущерб принимается потеря здоровья или гибель пострадавшего, в том числе и спасателя, вследствие несвоевременного оказания медицинской помощи. На данный момент показатель ССЖ применяется в случае необходимости принятия решений на государственном уровне, например, для оценки целесообразности реформ, проектов и мер (расчётную формулу ССЖ разработал НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды РАМН; ССЖ не применяется в настоящее время для принятия решений о компенсации за причинённый ущерб.

$$V = \text{ССЖ} = \text{ВРП} \cdot \frac{T_{\text{ср}}}{N},$$

где ВРП – валовый региональный продукт субъекта (или федерального округа) России; $T_{\text{ср}}$ – средняя продолжительность жизни населения в регионе, лет; N – численность населения в регионе (области, населённом пункте).

Кроме того, за величину предотвращённого ущерба (V) на территории России можно использовать данные, получаемые крупными страховыми компаниями, например, РОСГОССТРАХОМ (по исследованиям стоимости страхования жизни в крупных и средних городах России) [13, 14].

Так как вероятность отказа $Q(t)$ может быть получена из величины вероятности безотказной работы (ВБР), первоначально необходимо найти значения последней. По имеющейся статистике эксплуатации ПТО ВБР можно рассчитать по формуле:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0},$$

где N_0 – количество работоспособного ПТО в начале рассматриваемого отрезка времени; $n(t)$ – количество отказавшего ПТО за время t .

$$Q(t) = 1 - P(t),$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы ПТО.

Одной из первоочередных задач настоящего исследования стал сбор статистических данных работы рассматриваемого ПТО. С целью получения данных эксплуатации ПТО в главные управления МЧС России нескольких субъектов Российской Федерации были разосланы письма с просьбой предоставления интересующих данных. Результатом запроса явился перечень информации, который послужил исходными данными для проведения сравнительных вычислений. Некоторые результаты проведённых вычислений на основе полученной информации приведены в табл. 1–3.

Таблица 1. Относительная общая польза (W) применения СИЗОД при ликвидации ЧС на транспорте и пожарах в Костромской области (на 2015 г.)

| Показатель | Наименование СИЗОД | | |
|----------------|--------------------|-------------|---------------|
| | АП «Омега» | ПТС «Базис» | ПТС «Профи-М» |
| Q | 0,06 | 0,04 | 0,08 |
| P | 0,94 | 0,96 | 0,92 |
| B , руб./год | 1017442 | 678295 | 1356590 |
| G , руб./год | 117600 | 130200 | 101600 |
| V , руб. | 16957379 | | |
| W | 14,9 | 20,9 | 11,6 |

В частности, из данных табл. 1 следует, что при планировании материально-технического обеспечения ПСП МЧС России по Костромской области лицу, принимающему решение (ЛПР) необходимо принимать во внимание марки СИЗОД, набравшие наибольшее значение показателя «относительной общей пользы» (W) эксплуатации (в данном случае – ПТС «Базис»).

Таблица 2. Результаты расчёта показателя W в случае применения ПСП пожарных рукавов при ликвидации ЧС на транспорте и пожарах в Ивановской области (на 2015 г.)

| Показатель | Название рукавов | | | |
|--------------------------------|------------------|-------------------|------------|----------|
| | «АРМТЕКС» | «ЛАТЕКСИРОВАННЫЙ» | «СТАНДАРТ» | «ГЕТЕКС» |
| Q | 0,0065 | 0,0072 | 0,0072 | 0,0083 |
| P | 0,9934 | 0,9928 | 0,9928 | 0,9916 |
| B , руб. | 23400 | 25920 | 25920 | 29880 |
| G , руб./год (на 1 рукав) | 9246 | | | |
| V , руб. | 19057001 | | | |
| W | 583,7 | 541,9 | 541,9 | 487 |

Анализ данных табл. 2 показывает, что наивысшее значение показателя общей пользы из сравниваемых образцов имел комплект рукавов марки «АРМТЕКС». Следовательно, в данных условиях эксплуатации (Ивановская область) ЛПР при планировании материально-технического оснащения ПСП МЧС России может быть рекомендован именно этот комплект пожарных рукавов – по наибольшему значению W .

Таблица 3. Относительная общая польза применения ГАСИ при ликвидации ЧС на транспорте и пожарах ГУ МЧС России Приволжского федерального округа (на 2015 г.)

| Показатель | Наименование комплектов ГАСИ | | |
|------------|------------------------------|-----------|-----------|
| | «СПРУТ» | «ПРОСТОР» | «МЕДВЕДЬ» |
| Q | 0,0099 | 0,0132 | 0,0241 |
| P | 0,9901 | 0,9868 | 0,9759 |
| B , руб. | 35640 | 47520 | 86760 |
| G , руб. | 59668 | 60291 | 59578 |
| V , руб. | 21686550 | | |
| W | 227,5 | 201,1 | 148,1 |

По аналогии с анализом табл. 1, 2 из данных табл. 3 следует, что ЛПР не рекомендуется принимать к рассмотрению вариант закупки (для замены) – комплект ГАСИ «МЕДВЕДЬ» без повышения производителем его показателей безотказности, а вариант закупки комплекта «СПРУТ» представляется предпочтительным из сравниваемых.

Предлагаемый методический подход к расчёту W основывается на использовании фактических эксплуатационных данных работы ПТО в конкретном регионе (гарнизоне), в том числе на его фактических показателях надёжности. Зная эксплуатационные затраты на техническое обслуживание и его ремонт, а также показатели его работоспособности, можно без особого труда выбрать наиболее подходящие ПТО производимое в и для России с учётом специфики любого субъекта Российской Федерации.

В заключение следует указать, что при использовании методики расчёта W снижается вероятное субъективное влияние человеческого фактора (ЛПР) при определении предпочтительного ПТО для оснащения ПСП. Также стоит отметить, что преимуществом данной методики является её польза не только для ЛПР, занимающихся вопросами оснащения подразделений Государственной противопожарной службы, но и для ЛПР, организующих экипировку других видов ПСП Российской Федерации [15].

Литература

1. Сводка ЧС и происшествий // МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/operationalpage/digest> (дата обращения: 12.10.2015).
2. Сведения о чрезвычайных ситуациях, происшедших на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2015 года // МЧС России. URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/CHrezvichajnie_situacii/2015_god (дата обращения: 01.03.2017).
3. Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года: федер. целевая программа (утв. Постановлением Правительства Рос. Федерации от 7 июля 2011 г. № 555) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2011. № 30. Т. 4 633.
4. Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов / И.В. Сараев [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 4. С. 66–71.
5. Chen E.B., Morales A.J., Chen C.C., Donatelli A.A., Bannister W.W., Cummings B.T. Fluorescein and poly (ethylene oxide) hose stream additives for improved firefighting effectiveness // Fire technology. 1998. № 4. С. 291–306.
6. Lemańska K., Główka S. Review, application and development trends of firefighting equipment // Bezpieczenstwo i technika pozarnicza. 2013. Т. 30. С. 91–99.
7. Krasowski T. Using standard fire hoses in rescue technique on frozen water // Bezpieczenstwo i technika pozarnicza. 2008. Т. 12. С. 177–187.
8. Тимашев С.А., Бушинская А.В., Чукреев Ю.Я. Оценка структурной надёжности и энтропии электроэнергетических систем (на примере ЭЭС Республики Коми) // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2014. № 5. С. 38–52.
9. Шаймарданов Л.Г., Бойко О.Г. Математическое моделирование схемной надёжности сложных систем // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2010. № 3. С. 82–88.
10. Махутов Н.А., Петров В.П., Резников Д.О. Оценка живучести сложных технических систем // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2009. № 3. С. 47–66.
11. Лознев А.Г. Повышение точности оценок безотказности авиационных двигателей однократного применения при ограниченном объёме статистической информации на стадии испытаний // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2008. № 6. С. 39–42.
12. ГОСТ 27.301–95. Надёжность в технике. Расчет надёжности. Основные положения. Межгосударственный стандарт. М.: Межгосударственный совет по организации, метрологии и сертификации, 1995. 16 с.
13. Применение критериев риска для выбора методов очистки воздуха от формальдегида / А.Г. Бубнов [и др.] // Надёжность и долговечность машин и механизмов:

сб. материалов III Межвуз. науч.-практ. семинара. Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2012. С. 61–66.

14. Методология выбора способа очистки воды от органических соединений с использованием параметров экологического риска / А.Г. Бубнов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Сер.: Химия и химическая технология. 2007. № 8. С. 89–93.

15. О пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (с изм. от 23 июня 2016 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

References

1. Svodka CHS i proisshestvij // MCHS Rossii. URL: <http://www.mchs.gov.ru/operationalpage/digest> (data obrashcheniya: 12.10.2015).

2. Svedeniya o chrezvychajnyh situacijah, proisshedshih na territorii Rossijskoj Federacii za 12 mesyacev 2015 goda // MCHS Rossii. URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Chrezvichajnie_situacii/2015_god (data obrashcheniya: 01.03.2017).

3. Snizhenie riskov i smyagchenie posledstvij chrezvychajnyh situacij prirodnoho i tekhnogennogo haraktera v Rossijskoj Federacii do 2015 goda: feder. celevaya programma (utv. Postanovleniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 7 iyulya 2011 g. № 555) // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2011. № 30. T. 4 633.

4. Otnositel'naya obshchaya pol'za – dopolnitel'nyj kompleksnyj kriterij vybora pozharных rukavov / I.V. Saraev [i dr.] // Pozharovzryvobezопасnost'. 2015. T. 24. № 4. S. 66–71.

5. Chen E.B., Morales A.J., Chen S.S., Donatelli A.A., Bannister W.W., Cummings B.T. Fluorescein and poly (ethylene oxide) hose stream additives for improved firefighting effectiveness // Fire technology. 1998. № 4. S. 291–306.

6. Lemańska K., Główka S. Review, application and development trends of firefighting equipment // Bezpieczenstwo i technika pozarnicza. 2013. T. 30. S. 91–99.

7. Krasowski T. Using standard fire hoses in rescue technique on frozen water // Bezpieczenstwo i technika pozarnicza. 2008. T. 12. S. 177–187.

8. Timashev S.A., Bushinskaya A.V., CHukreev Yu.Ya. Ocenka strukturnoj nadyozhnosti i ehntropii ehlektroehnergeticheskikh sistem (na primere EHEHS Respubliki Komi) // Problemy bezопасnosti i chrezvychajnyh situacij. 2014. № 5. S. 38–52.

9. SHajmardanov L.G., Bojko O.G. Matematicheskoe modelirovanie skhemnoj nadyozhnosti slozhnyh sistem // Problemy bezопасnosti i chrezvychajnyh situacij. 2010. № 3. S. 82–88.

10. Mahutov N.A., Petrov V.P., Reznikov D.O. Ocenka zhivuchesti slozhnyh tekhnicheskikh sistem // Problemy bezопасnosti i chrezvychajnyh situacij. 2009. № 3. S. 47–66.

11. Loznev A.G. Povyshenie tochnosti ocenok bezotkaznosti aviacionnyh dvigatelej odnokratnogo primeneniya pri ogranichenom ob'yome statisticheskoy informacii na stadii ispytanij // Problemy bezопасnosti i chrezvychajnyh situacij. 2008. № 6. S. 39–42.

12. GOST 27.301–95. Nadezhnost' v tekhnike. Raschet nadezhnosti. Osnovnye polozheniya. Mezghosudarstvennyj standart. M.: Mezghosudarstvennyj sovet po organizacii, metrologii i sertifikacii, 1995. 16 s.

13. Primenenie kriteriev riska dlya vybora metodov ochistki vozduha ot formal'degida / A.G. Bubnov [i dr.] // Nadyozhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sb. materialov III Mezhvuz. nauch.-prakt. seminar. Ivanovo: IvI GPS MCHS Rossii, 2012. S. 61–66.

14. Metodologiya vybora sposoba ochistki vody ot organicheskikh soedinenij s ispol'zovaniem parametrov ehkologicheskogo riska / A.G. Bubnov [i dr.] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Ser.: Himiya i himicheskaya tekhnologiya. 2007. № 8. S. 89–93.

15. O pozharной bezопасnosti: Feder. zakon Ros. Federacii ot 21 dek. 1994 g. № 69-FZ (s izm. ot 23 iyunya 2016 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».