

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ СПОРТИВНЫХ И АВАРИЙНО- СПАСАТЕЛЬНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

А.М.Гафаров, Б.Г. Салаев
e-mail: Aydin.qafarov@hotmail.com
Академия Министерства по
Чрезвычайным Ситуациям
Азербайджанской Республики

Nəşr tarixi

Qəbul edilib: 1 noyabr 2019

Dərc olunub: 5 dekabr 2019

©2019 ADBTİA. Bütün hüquqlar qorunur.

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы исследований надежности спортивных и аварийно-спасательных машин и оборудования методом теории вероятностей и математической статистики. Анализируются полученные результаты.

Ключевые слова: авария, спасения, машины, оборудования надежность, средства, оценка, математика, модели, распределение.

Введение. Анализ проведенных работ показывает что, чрезвычайных ситуаций можно подразделять на природные, техногенные, биологические, социальные, военные и специальные.

Основными видами последствий чрезвычайных ситуаций являются: разрушения при землетрясениях, взрывах, производственных авариях, селях; радиоактивное загрязнение и химическое заражение при авариях на специальных объектах; пожары различных степеней сложности, из-за несоблюдения правил пожарной безопасности; затопления, при наводнениях, разрушения гидротехнических сооружений из за природных и техногенных явлений;

массовые заболевания людей, животных и растений при эпидемии, эпизоотии и эпифитотии и др.

Аварийно-спасательные средства, машин и оборудования в зависимости от выполняемых работ подразделяются на следующее группы и подгруппы [1]: приборы связи и поиска пострадавших (теповизоры, телевизионные системы, акустические системы, радиомаяки, приемники и др.); аварийно-спасательные инструменты и оборудования (пневмомонократы, гидравлические домкраты, цилиндры, расширители, гидроклины, гидравлические резаки, кусачки, ножницы, насосы, насосные станции и др.); вспомогательные инструменты и оборудования (бетоноломы, отбойные молотки, перфораторы, моторезаки, мотопилы, ручные лебедки и др.); спасательные транспортные средства (мобильные аварийно-спасательные транспортные средства, разведывательные машины, машины специального назначения, машины управления и связи, аварийно-спасательные машины, вездеходы, снегоходы и др.); спасательные плавсредства (плоты надувные спасательные, шлюпки и лодки надувные, катера, лодки жестконадувные, суда на воздушной подушке и др.); робототехнические средства (робототехнические комплексы, установки с дистанционным управлением, подводные управляемые аппараты, беспилотные летательные аппараты и др.); машины преодоления препятствий (инженерные машины разграждения, плавающие транспортеры, путепрокладчики, снегоочистители, бульдозеры); машины разборки завалов (универсальные машины разборки завалов, погрузчики, манипуляторы, автокраны); землеройные машины (экскаваторы, котлованные машины, траншейные машины); рабочее оборудование (навесные гидравлические ножницы, молоты и грейферы); средства

энергосбережения (передвижные силовые и переносные электростанции, компрессорные станции); быстровозводимые сооружения (модулы и боксы, каркасные модульные палатки); нагреватели воздуха (жидкостные, газовые и инфракрасные нагреватели воздуха); средства водоснабжения (передвижные буровые установки и фильтровальные станции, станции комплексной очистки воды, емкости для технических растворов, мотопомпы, резервуары для питьевой воды); распылители противопыльные и газопылезащитные, самоспасатели и противогазы (изолирующие самоспасатели и противогазы, шланговые и гражданские противогазы, промышленные фильтрующие противогазы); защитная одежда (специальная защитная одежда спасателей, изолирующая и фильтрующая защитная одежда).

Цель исследования является анализ методов моделирование при оценки надежности аварийно-спасательных машин и оборудования, эксплуатируемых в чрезвычайных ситуациях и экстремальных условиях.

Организация исследования. Учитывая разнообразность и отличительные особенности по степени сложности спортивных и аварийно-спасательных машин и оборудования, приборов, инструментов и других технических средств, при осуществлении математического моделирования в каждом конкретном случае следует учитывать их специфическую характеристику. Во многих случаях моделирования спортивной и аварийно-спасательной техники можно выполнять на микро, макро и мета уровнях, которые отличаются степенью детализации в них исследованных процессов.

Например, при моделировании на микро уровне сложной спортивной и аварийно-спасательной техники (машин специального назначения, разведывательные машины, мобильное

аварийно-спасательные транспортные средства, спасательные машины, пожарные машины, различные спортивные автомобили, вертолеты и др.) приходится принимать ряд допущений и упрощений, иногда следует переходить к моделированию на макро уровне.

При применении метода моделирования на макроуровне можно использовать компоненты уравнения отдельных элементов, форма которых устанавливается связями между ними (например, при выполнении работ по тушению каскадных пожаров на нефтяных промыслах используются механизированные комплексы, в которых входят 25-35 элементов – транспортные средства, агрегаты, насосы, компрессоры, двигатели различных назначений, регулирующие, контролирующие, управляющие аппараты, пневматические и гидравлические устройства и многие другие механизмы). Для комплексов аварийно-спасательной техники, со сложной управляемой системой математические модели на макроуровне характеризуются очень большими размерами. Поэтому, для этой цели следует применять моделирование на мета уровне.

На мета уровне можно моделировать аварийно-спасательную технику, которые являются предметами исследования теории автоматического управления и теории массового обслуживания (например, робототехнические комплексы, установки с дистанционными управлениями, подводные управляемые аппараты, беспилотные летательные аппараты, приборы связи и поиска, радиостанции, телевизионные системы, приемники, акустические системы и др.).

Результаты исследования их обсуждение. В непрерывных распределениях в теории надежности непрерывной случайной величиной обычно является время или наработка – время безотказной работы, появления отказа, восстановления, наработка на отказ, между отказами, до отказа и т.д.

[3], [4], [5], [6], [7], [8].

В настоящее время одной из часто применяемых моделей является экспоненциальное распределение наработки на отказ при постоянном интенсивности отказов ($\lambda = const$).

$$P(t) = \exp(-\lambda t). \quad (1)$$

Аварийно-спасательные машины и оборудования имеют большое количество деталей, соединений, узлов и т.д., для которых характерны различные интенсивности отказов (например, насосные станции различных типов, мобильные аварийно-спасательные транспортные средства, разведывательные машины, машины специального назначения, робототехнические комплексы, беспилотные летательные аппараты, автомобили различных назначений и многие другие).

Для моделирования и оценки надежности таких технических систем можно успешно применять экспоненциальное распределение. Экспоненциальное распределение может быть использован также при определении интенсивности отказов аварийно-спасательной техники с последующих восстановлений их ответственных деталей.

Экспоненциальное распределение часто рассматривается как предельное для распределения Пуассона и геометрического распределения [2].

При экспоненциальной моделирование величина $t_0 = 1/\lambda$ принимается в качестве среднего наработка на отказ и формула (1) принимает вид

$$P(t) = \exp(-t/t_0). \quad (2)$$

При некоторых случаях экспоненциальное распределение обобщается распределением Вейбулла

$$P(t) = \exp(-\lambda t^\alpha). \quad (3)$$

Параметр λ определяет масштаб кривой распределения. При значении параметра формы $\alpha < 1$ модель Вейбулла позволяет описывать приработочные отказы, обусловленные скрытыми дефектами, при $\alpha = 1$ – внезапные отказы в период нормальной эксплуатации, при $1 < \alpha < 2$ отказы быстро стареющих объектов, у которых почти нет скрытых дефектов, при $\alpha > 2$ износные отказы. Кроме того, при $\alpha = 2$ (распределение Релея) модель описывает функционирование объекта состоящего из нескольких последовательно соединенных дублированных элементов. Обычно значение α лежит в интервале от 1 до 2 [9], [10].

К объектам, состоящих из многочисленных между собой связанных элементов можно отнести технические комплексы для тушения каскадных пожаров на суше и на морских нефтяных скважинах, которые имеют 25-30 различных основных и вспомогательных машин и оборудования.

Для определения момент отказа аварийно-спасательных машин и оборудования с заменой их составляющих, а также для установление общего срока их непрерывной работы без замены можно использовать Гамма распределение

$$P(t) = \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t t^{\alpha-1} \exp(-\lambda t) dt. \quad (4)$$

Безусловно, в теории надежности наиболее часто используется нормальное распределение, которое связано с центральной предельной теоремой теории вероятностей. При исследовании аварийно-спасательных машин и оборудования из за износа их высокоточных ответственных деталей можно успешно применять нормальное распределение (для оценки износа

деталей насосов, компрессоров, двигателей внутреннего сгорания, транспортных средств, тракторов, экскаваторов, землеройных, котлованных и траншейных машин и др.). Нормальное распределение описывается выражением

$$P(t) = 1 - F(t) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt. \quad (5)$$

Нормальное распределение обычно применяется тогда, когда на случайную величину (например, на износ деталей) действует большое количество равноправных факторов и отказы происходят постепенно [15],[18].

При нормальном распределении в исследованном диапазоне иногда может появляться факторы с отрицательными значениями, которые для оценки наработки на отказ недопустимы (например, время не должна иметь отрицательных значений). Такая характеристика является недостатком нормального распределения. Однако, для ликвидации указанного недостатка при оценке надежности аварийно-спасательного оборудования, применяется усеченное нормальное распределение [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17].

$$P(t) = 1 - F(t) = 1 - \frac{C}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt \quad (6)$$

или логарифмически нормальное распределение

$$P(t) = 1 - F(t) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t \frac{1}{t} \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt, \quad (7)$$

где C – коэффициент пропорциональности; $\mu = M(x)$ – интенсивность восстановления (в теории надежности обычно принимается $\mu = const$); σ – среднее квадратическое отклонение; t – время наработки; $M(x)$ –

математическое ожидание.

Иногда, при моделировании и оценки надежности аварийно-спасательного оборудования возникает необходимость в использовании моделей, объединяющих несколько распределений.

Например, если отказы происходят под действием двух независимых факторов, приводящих к отказам по экспоненциальным и нормальным законам, то результирующая модель будет представлять собой композицию этих распределений [2]

$$P(t) = \exp(-\lambda t) \left[1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \right]. \quad (8)$$

Для того чтобы получить теоретическое распределение, близкое к экспериментальному, иногда плотность распределения наработки до отказа или между отказами удобно представить в виде суммы нескольких распределений [17]

$$f(t) = \sum_{i=1}^n C_i f_i(t), \quad (9)$$

где $f(t)$ – i -е теоретическое распределение; C_i – весовой коэффициент i -го распределения ($\sum_{i=1}^n C_i = 1$).

Выводы. Для моделирования и оценки надежности аварийно-спасательных машин и оборудования, приборов, инструментов и других технических средств можно использовать вероятностные модели отказов, таких как прочностная надежность (модель внезапных отказов), параметрическая надежность (модель постепенных отказов), статистическое моделирование (метод Монте-Карло, статистическое моделирование прочностной надежности, статистическое моделирование параметрической надежности) и другие.

Литература

1. ГОСТ Р 22.9.24 – 2014 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Машины аварийно-спасательные. Классификация. Общие технические требования.
2. Невзоров В.Н., Сугак Е.В. Надежность машин и оборудования. Ч.1. Основы теории. – Красноярск: СГТУ, 1998. – 400 с.
3. Костецкий Б.И. Надежность и долговечность машин. – Киев: Техника. 1975. – 408 с.
4. Герцбах И.Б., Кордонский Х.Б. Модели отказов. – М.: Сов. Радио. – 166 с.
5. Северцев Н.А. Надежность сложных систем в эксплуатации и отработке. – М.: Высшая школа. 1989. – 432 с.
6. Справочник по надежности. Том 1. Пер. с англ. под редак. Б.Р. Левина. – М.: Мир. 1969. – 340 с.
7. Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
8. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В. 10 т. Т. 5. Проектный анализ надежности. – М.: Машиностроение, 1988. – 316 с.
9. Барзелович Е.Ю. и др. Вопросы математической теории надежности. – М.: Радио и связь. 1983. – 376 с.
10. Труханов В.М. Методы обеспечения надежности изделий машиностроения. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.
11. Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А. Анализ и методика оценки надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях // Технология машиностроения. 2014. № 7. С.42-48.
12. Салаев Б.Г. Актуальные проблемы оценки надежности аварийно-спасательных машин и оборудования // Сборник материалов VIII международного семинара. – Кокшетау, 2019. С.7-10
13. Сулейманов П.Г. Триботехнические характеристики деталей машин, эксплуатируемых в экстремальных условиях. – Баку: Наука, 2013. 186 с.
14. Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А. Прогнозирование и статистическая оценка надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2014. № 11. С.15-17.
15. Гафаров А.М., Шарифов З.З., Гафаров В.А. Калбиев Ф.М., Некоторые аспекты обработки результатов экспериментальных исследований с применением методов теории вероятности и математической статистики // Теоретическая и прикладная механика. 2016. № 2. С.130-136.
16. Сулейманов П.Г. Повышение надежности машин и оборудования, эксплуатируемых в экстремальных условиях. – Баку: Наука, 2018. 308 с.
17. Гафаров А.М., Сулейманов П.Г., Гафаров В.А. Точность и достоверность статистических оценок при определении надежности пожарно-спасательных машин и агрегатов // Труды Азербайджанской государственной морской академии. – Баку. 2016. № 2. С.192-197.

Riyazi statistika və ehtimal nəzəriyyəsi metodlarının istifadəsi ilə idman və qəza-xilasetmə maşınları və qurğularının etibarlılığının araşdırılması

A.M. Qafarov, B.H. Salayev
e-mail: Aydin.qafarov@hotmail.com
Azərbaycan Respublikası Fövqəladə Hallar Nazirliyinin Akademiyası

Açar sözlər: qəza, xilasetmə, maşınlar, avadanlıqlar, etibarlılıq, vasitə, qiymətləndirmə, riyaziyyat, model, paylanma.

Annotasiya: Məqalədə idman və qəza-xilasetmə avadanlıqlarının etibarlılığının ehtimal nəzəriyyəsinin və riyazi statistikanın metodları ilə tədqiqi məsələlərinə baxılmışdır. Alınan nəticələr analiz edilmişdir.

**Research of sports and rescue machines
and equipment reliability by using
probability theory and mathematical
statistics methods**

A.M. Gafarov, B.H. Salayev
e-mail: Aydin.qafarov@hotmail.com
Academy of the Ministry of Emergency
Situations of Azerbaijan Republic

Annotation: Sports and rescue machines and equipment reliability by using probability theory and mathematical statistics methods was studied in the article. The obtained results are analyzed.

Key words: accident, rescue, machinery, equipment reliability, means, assessment, mathematics, models, distribution

**ÖLKƏDƏ BƏDƏN TƏRBİYƏSİ VƏ
İDMANIN İDARƏ EDİLMƏSİNİN ELMI
ƏSASLARI**

Dos. Qasimov Ə. S., dos. Bacarani K.Z.
afqan.qasimov@sport.edu.az
*Azərbaycan Dövlət Bədən Tərbiyəsi və İdman
Akademiyası*

Nəşr tarixi

Qəbul edilib: 1 noyabr 2019

Dərc olunub: 5 dekabr 2019

© 2019 ADBTİA. Bütün hüquqlar qorunur.

Annotasiya: Bu məqalədə ölkədə bədən tərbiyəsi və idmana münasibət, bədən tərbiyəsi və idmana dövlət qayğısı, dövlətin siyasəti və vəzifələri təhlil edilir. Bədən tərbiyəsi və idmanın hər bir cəmiyyətdə mövcudluğu, ölkədə bədən tərbiyəsi və idmanın elmi əsaslarla idarə edilməsi və

həyata keçirilməsinin vacibliyi öz əksini tapır.

Açar Sözlər: bədən tərbitəsi və idman, idarəetmə, menecment, menecer, sosial idarəetmə.

Giriş. Respublikada bədən tərbiyəsi və idmanın inkişafı ölkədə fəaliyyət göstərən bütün dövlət orqanları və ictimai təşkilatların birgə fəaliyyəti bir-biri ilə bağlılıq səviyyəsindən asılıdır. Xalqın sosial inkişafının və mədəniyyətinin ən əsas sahələrindən olan bədən tərbiyəsi və idmana ciddi münasibət bəsləyən, böyük diqqət və qayğı ilə yanaşı, Azərbaycan Respublikasının sabiq prezidenti Heydər Əliyev idman ictimaiyyəti ilə görüşlərində bu sahənin insanlar və dövlətimiz üçün nə qədər vacib olduğunu dəfələrlə vurğulayaraq deyirdi: «Bədən tərbiyəsi və idman xalqın sağlamlığı ilə bağlı olan mühüm bir sahədir. Dünyada bədən tərbiyəsi və idmanın müasir səviyyədə inkişaf etdiyi bir dövrdə Azərbaycanda idmanın, bədən tərbiyəsinin kütləvi surətdə inkişaf etməsinə ciddi fikir verməliyik. Bu, bizim vəzifəmizdir, borcumuzdur» [1]

Azərbaycan Respublikasında dövlətin qarşısında duran tarixi vəzifələrin, o cümlədən dövlətçiliyin, iqtisadiyyatın və sosial sahələrin inkişafı və möhkəmləndirilməsində bədən tərbiyəsi və idmanın əhəmiyyətinin xüsusi rolu gündən günə artmaqdadır.

Bədən tərbiyəsi və idman hərəkətinin idarə edilməsinin əsas məqsədi bu sahədə ixtisaslaşan mütəxəssislərə bədən tərbiyəsi və idmanın təşkili, idarə edilməsi, iqtisadiyyatına aid bilik, bacarığa yiyələnmək, sərbəst iş aparmaq qabiliyyəti aşılamaqdır. [1]

Material ve metodlar

Bədən tərbiyəsi hərəkətinin idarə olunması xalqın maraqları və dövlətin siyasətinə uyğun olaraq bədən tərbiyəsi və idmanın inkişaf prosesinin bütövlükdə elmi əsaslarla idarə olunması kimi başa düşülməlidir. Bədən tərbiyəsi və idman müxtəlif elmlərin təhlil obyektini olan çox mürəkkəb sosial bir sahədir. [1]