



УДК 623.4.018

*М.Ш. Гареев, Р.Е. Григорюнов, С.В. Подчерцев***ОБОСНОВАННАЯ СИСТЕМА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
СОКРАЩЕННЫХ ПОЛИГОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ
ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ***M.S. Gareev, R.E. Grigoryunov, S.V. Podchezertsev***BASED SYSTEM OF INITIAL DATA FOR THE REDUCED TESTING
SITE OF THE PILOT SAMPLES OF ARMS**

В статье рассмотрены необходимые исходные данные для проведения сокращенных полигонных испытаний опытных образцов вооружения. Предложен способ подготовки исходных данных, основанный на корреляционном анализе априорной информации.

ИСПЫТАНИЯ ВООРУЖЕНИЯ, СОКРАЩЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ, КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ, СТАТИСТИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ, КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ, ОБРАЗЕЦ ВООРУЖЕНИЯ

The article considers necessary initial data for the reduced testing site of the pilot samples of armament. A proposed method of preparation of initial data is based on the correlation analysis of the prior information.

TESTING OF WEAPONS, ABBREVIATED TESTING, CORRELATION ANALYSIS, STATISTICAL CRITERION, THE CORRELATION COEFFICIENT, SAMPLE OF WEAPON

Испытания опытного образца вооружения проводят с целью оценки всех его характеристик, проверки и подтверждения соответствия образца требованиям тактико-технического задания (ТТЗ) [1]. Решение задачи проверки и подтверждения соответствия образца вооружения требованиям ТТЗ в настоящее время производится по совокупности частных параметров, при этом образец вооружения, как объект испытаний, представляется набором определенных в ТТЗ, независимых характеристик, каждая из которых подлежит самостоятельной оценке [2,3]. Такой подход совершенно не учитывает наличие стохастических связей между контролируемыми параметрами. Однако современный образец вооружения представляет собой сложную техническую систему, состоящую из множества взаимосвязанных элементов и подсистем, и большинство из характеристик образца вооружения в той или иной степени взаимосвязаны. В связи с этим представляется необходимым учитывать в ходе испытаний наличие стохастических связей оцениваемых ха-

рактеристик и их влияние на достоверность результатов испытаний.

Задача выявления структуры и тесноты существующих связей между характеристиками объекта испытаний решается применением методов корреляционного анализа. Ее решение позволит определять часть параметров образца вооружения косвенным (расчетным) путем, тем самым сократить количество проводимых натурных испытаний и, следовательно, сократить продолжительность и стоимость всего комплекса испытаний. На этом предположении основан метод проведения сокращенных полигонных испытаний [4,5].

Для реализации этого метода необходима подготовленная и обоснованная система исходных данных, максимально учитывающая имеющуюся априорную информацию об объекте испытаний и основанная на перечне пунктов ТТЗ, подлежащих проверке.

Из ТТЗ уясняется перечень характеристик образца вооружения, подлежащих проверке, выбираются способы и методы их проверки. В

соответствии с возможностями испытательной базы определяются примерные затраты на проведение испытаний, их продолжительность и последовательность.

Априорная информация, имеющаяся к началу проведения испытаний, как правило, в себя включает [6]:

результаты предварительных испытаний опытного образца и его составных элементов;

модели и уравнения функционирования опытного образца в целом или его составных элементов, виды законов распределения случайных величин, определяющих характеристики образца;

перечень составных элементов опытного образца, применявшихся в других серийных изделиях (изделиях межотраслевого назначения) и результаты их входного контроля и других испытаний.

Кроме того, разрабатываемые образцы вооружения зачастую имеют схожие по назначению или характеристикам аналоги, имеют в своем составе унифицированные элементы прошедшие большое количество различных испытаний. Соответственно, имеется большой статистический материал для оценки характеристик объекта испытаний. Материалы такого характера также могут быть включены в состав априорной информации.

Подготовка исходных данных заключается в определении вида законов распределения определяемых характеристик, анализе наличия и определении тесноты стохастических связей между ними на основе имеющейся априорной информации об объекте испытаний.

В целях выявления наличия и структуры стохастических связей между оцениваемыми параметрами образца вооружения и измерения степени ее тесноты воспользуемся методами корреляционного анализа статистической информации.

Свойства сложного образца вооружения определяются системой n случайных величин $(x(0), x(1), \dots, x(n))$ и характеризуются $n(n-1)$ корреляционными моментами. В целях удобства работы и наглядности суждения о коррелированности параметров объекта испытаний пользуются нормированной корреляционной матрицей $\|r_{ij}\|$, составленной из парных коэффициентов корреляции r_{ij} :

$$\|r_{ij}\| = \begin{vmatrix} 1 & r_{01} & r_{02} & \dots & r_{0n} \\ r_{10} & 1 & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n0} & r_{n1} & r_{n2} & \dots & 1 \end{vmatrix}.$$

Полученные значения r_{ij} подвергают экспертному анализу для определения причинной связи полученных зависимостей. Возможны ситуации, когда невозможно дать содержательное объяснение статистически выявленной парной корреляционной связи между исследуемыми характеристиками. В ряде случаев объяснение следует искать в одновременном опосредованном влиянии на эти два показателя третьего фактора, а то и целого множества неучтенных переменных [7]. Это обстоятельство делает необходимым введение таких измерителей статистической связи, которые были бы «очищены» от опосредованного влияния других характеристик, давали бы оценку степени тесноты интересующей нас связи между параметрами y и $x(j)$ (или $x(i)$ и $x(j)$) при условии, что значения остальных параметров приняли определенные значения. Используем для этого частные («очищенные») коэффициенты корреляции.

Известно [8], что если исследуемые параметры объекта испытаний характеризуются случайными величинами $(x(0), x(1), \dots, x(n))$, подчиняющимися многомерному нормальному закону, то имеет место следующая формула (при условии невырожденности $(n+1)$ -мерного нормального закона):

$$r_{i,j}(i, j) = \frac{-R_{i,j}}{(R_{ii}R_{jj})^{\frac{1}{2}}}, \quad (1)$$

где $r_{i,j}(i, j)$ – частный коэффициент корреляции между параметрами $x(i)$ и $x(j)$ при фиксированных значениях всех остальных параметров $x(i;j)$; $R_{i,j}$ – алгебраическое дополнение для элемента r_{ij} в определителе корреляционной матрицы R анализируемых параметров $x(0) \equiv y, x(1), x(2), \dots, x(n)$.

Анализ частных коэффициентов корреляции позволяет нам выявить группы взаимосвязанных характеристик и степень их связи при зафиксированных значениях отдельных параметров. При этом нами поставлена задача, с учетом структуры и тесноты существующих связей между характеристиками объекта испытаний, определять часть из них косвенным (расчетным) путем по полученным значениям других параметров.

В случае многопараметрической системы эта задача решается построением регрессионных зависимостей, учитывающих все влияющие факторы [8,9]. Возникает задача учета одновременного взаимодействия нескольких параметров, а точнее воздействия нескольких параметров ($\zeta(1), \zeta(2), \dots, \zeta(p)$) на одну из характеристик η , определяемую косвенным путем. В этих целях используется измеритель множественной корреляционной связи между η и ($\zeta(1), \zeta(2), \dots, \zeta(p)$) – множественный коэффициент корреляции [9, 10] $R_{\eta\zeta}$:

$$R_{\eta\zeta}^2 = 1 - \frac{\sigma_{\eta}^2(x)}{\sigma_{\eta}^2}, \quad (2)$$

где σ_{η}^2 – полная дисперсия определяемой характеристики η ,

$$\sigma_{\eta}^2 = \sigma_f^2 + \sigma_{\eta(x)}^2, \quad (3)$$

где σ_f^2 – дисперсия функции регрессии; $\sigma_{\eta(x)}^2$ – усредненная (по различным значениям ζ) величина условной дисперсии $D(\eta|\zeta=x)$ (средняя величина дисперсии неконтролируемой остаточной случайной компоненты ζ).

В результате анализа характеристик образца вооружения получаем систему коэффициен-

тов корреляции включающую:

корреляционную матрицу парных коэффициентов корреляции;

корреляционную матрицу частных коэффициентов корреляции;

множественные коэффициенты корреляции для характеристик, требующих учета одновременного влияния нескольких параметров.

Полученная система коэффициентов корреляции подлежит тщательному профессиональному анализу в целях подтверждения физической взаимосвязи характеристик образца вооружения. Если существование взаимосвязи не подтверждено, то такие коэффициенты корреляции в расчет не принимаются или подлежат дополнительному исследованию.

В состав обоснованной системы исходных данных включается следующая информация:

1. Перечень характеристик образца вооружения подлежащих проверке в результате испытаний согласно ТТЗ;

2. Перечень необходимых испытаний для оценки характеристик образца вооружения с указанием материальных затрат на организацию и проведение, длительности и последовательности их проведения;

3. Результаты корреляционного анализа характеристик образца вооружения.

На основе обоснованной системы исходных данных можно сделать выводы о необходимости проведения полного комплекса натуральных испытаний или возможности определения части параметров, характеризующих свойства объекта испытаний, расчетным методом.

Применение метода проведения сокращенных полигонных испытаний с использованием обоснованной системы исходных данных позволит сократить количество проводимых натуральных испытаний и, соответственно, сократить продолжительность и стоимость всего комплекса испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ РВ 15.210-2001. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Испытания опытных образцов изделий и опытных ремонтных образцов изделий. Основные положения. Москва: ИПК Издательство стандартов. 2002 – 12 с.

2. **Меньшиков В.А.** Полигонные испытания. Книга 1. Москва: КОСМО, 1997 – 416 с.

3. **Аристов А.В.** Управление качеством: Учебник. Москва: Инфра-М, 2009. – 240 с.

4. **Гареев М.Ш., Григорюнов Р.Е., Подчерцев С.В.** Метод сокращения полигонных испытаний опытных образцов вооружения и военной техники на основе использования результатов корреляционного анализа априорной информации. Сборник тру-

дов четвертой Всероссийской научно-технической конференции «Радиовысотометрия - 2013». Каменск-Уральский, 2013 – 440 с.

5. **Гареев М.Ш., Григорюнов Р.Е., Подчерцев С.В.** Корреляционный анализ результатов испытаний вооружения и военной техники. Сборник трудов Шестнадцатой Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты и безопасности». Санкт-Петербург: НПО СМ, 2013 – 362 с.

6. **Малиновский В.С., Грант Е.В.** Оценивание свойств элементов артиллерийского вооружения с учетом априорной информации. Санкт-Петербург: ВАА, 1992.- 120 с.

7. **Филюстин А.Е., Злотников К.А., Захаров С.В.** Современные методы отбраковки аномальных результатов испытаний образцов вооружения. Москва: Стандартизация ВТ, 1993. № 3. – 232 с.

8. **Филюстин А.Е.** и др. Испытания ракетно-артиллерийского вооружения. Часть 1: Учебник – Москва: МО РФ, 1998 г. – 296 с.

9. **Беляева С.Д.** Математические методы планирования и проведения эксперимента. Санкт-Петербург: ВАА, 1991 - 100 с.

10. **Беляева С.Д.** Прикладная математика средствами EXCEL и MATHCAD. Санкт-Петербург: САТИСЪ, 2009 г. – 304 с.

REFERENCES

1. GOST RV 15.210-2001. System of development and launch of new products. Military equipment. Testing of pilot samples of products and experienced repair samples of products. Basic provisions. Moscow.:IPK Izdatelstvo standartov, 2002 – 12 s.

2. **Menshikov V.A.** Ground testing. Book 1. Moscow.: KOSMO, 1997 – 416 s.

3. **Aristov A.V.** Quality management: Textbook. Moscow.:Infra-M, 2009 – 240 s.

4. **Gareev M.S., Grigoryunov R.E., Podchertsev S.V.** The reduction method and validation of the pilot samples of weapons and military equipment on the basis of utilization of the results of correlation analysis of a priori information. Proceedings of the fourth all-Russian scientific-technical conference «Radiovisotometriya-2013». Kamensk-Uralskiy, 2013 – 440 s.

5. **Gareev M.S., Grigoryunov R.E., Podchertsev S.V.** Correlation analysis of results of testing of weapons and military equipment. Proceedings

of the Sixteenth Russian scientific and practical conference «Actual problems of protection and safety». Saint-Petersburg: NPO SM, 2013 – 362 s.

6. **Malinovskiy V.S., Grant E.V.** Assessment of properties of elements artillery armament based on a priori information. Saint-Petersburg: VAA, 1992 – 120 s.

7. **Filjustin A.E., Zlotnikov K.A., Zaharov S.V.** Modern methods of rejection of abnormal test results of samples of armament. Moscow: Standartizatsia VT, 1993. № 3. – 232 s.

8. **Filjustin A.E.** Testing of rocket-artillery armament. Part 1: Text book – Moscow.: MO RF, 1998 – 296 s.

9. **Beljaeva S.D.** Mathematical methods of planning and carrying out of experiment. Saint-Petersburg: VAA, 1991 – 100 s.

10. **Beljaeva S.D.** Applied mathematics means of EXCEL and MATHCAD. Saint-Petersburg: SATISJ, 2009 – 304 s.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/AUTHORS

ГАРЕЕВ Марат Шамильевич – адъюнкт; Михайловская военная артиллерийская академия; 195009, ул. Комсомола, 22, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: mark-on@mail.ru

GAREEV Marat S – Mikhailovskaya Artillery Academy; 195009, Komsomola Str. 22, St. Petersburg, Russia; e-mail: mark-on@mail.ru

ПОДЧЕЗЕРЦЕВ Сергей Викторович – адъюнкт; Михайловская военная артиллерийская академия; 195009, ул. Комсомола, 22, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: sergej591910@yandex.ru

PODCHEZERTSEV Sergej V. – Mikhailovskaya Artillery Academy; 195009, Komsomola Str. 22, St. Petersburg, Russia; e-mail: sergej591910@yandex.ru

ГРИГОРЮНОВ Роман Евгеньевич – адъюнкт; Михайловская военная артиллерийская академия; 195009, ул. Комсомола, 22, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: grigoryunov@yandex.ru

GRIGORYUNOV Roman E. – Mikhailovskaya Artillery Academy; 195009, Komsomola Str. 22, St. Petersburg, Russia; e-mail: grigoryunov@yandex.ru