

П. В. Опенько, М. Ю. Миронюк, О. О. Майстров, С. М. Базіло

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ КОНТРОЛЮ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Анотація. В доповіді проведено дослідження існуючих методів прогнозування з метою обґрунтування вибору методу (методів) для їх практичного використання. Встановлено, що на теперішній час виділяють більш, ніж 150 методів прогнозування, однак при цьому більшість з них являють собою вдале практичне застосування окремих прийомів декількох базових методів з урахуванням особливостей конкретного процесу прогнозування.

Ключові слова: озброєння та військова техніка, прогнозування, математичні моделі.

Abstract. The report examines existing forecasting methods in order to justify the choice of method(s) for their practical use. It has been established that more than 150 forecasting methods are currently available, however, most of them represent successful practical application of individual techniques of several basic methods taking into account the specifics of the specific forecasting process.

Keywords: weapons and military equipment, forecasting, mathematical models.

Досвід локальних війн та збройних конфліктів сучасності, широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти нашої держави свідчить про актуальність на даний час питання організації логістичного забезпечення функціонування зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) власного (пострадянського) та іноземного виробництва, що надходять у рамках військово-технічної допомоги від країн-партнерів, а також впровадження стандартів НАТО, в тому числі, в системі логістичного забезпечення Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України.

Зазначена обставина вказує на необхідність вирішення пріоритетного завдання щодо удосконалення функціонування системи логістичного забезпечення ПС ЗС України на підставі аналізу та досвіду країн-членів НАТО щодо управління життєвим циклом та забезпечення якості ОВТ шляхом обґрунтування рекомендацій щодо впровадження стратегій технічної експлуатації та ремонту ОВТ за станом на підставі розроблених математичних моделей, та потребують використання математичного апарату прогнозування показників надійності відповідних зразків.

The experience of local wars and armed conflicts of our time, the large-scale armed aggression of the Russian Federation against our country testifies to the current relevance of the issue of organizing logistical support for the functioning of samples of weapons and military equipment (OMT) of our own (post-Soviet) and foreign production, which are received within the framework of the military-technical assistance from partner countries, as well as the implementation of NATO standards, including in the system of logistical support of the Air Force (AF) of the Armed Forces (AF) of Ukraine.

The specified circumstance indicates the need to solve the priority task of improving the functioning of the logistics support system of the Armed Forces of Ukraine on the basis of the analysis and experience of NATO member countries in managing the life cycle and ensuring the quality of air defense systems by substantiating recommendations for the implementation of strategies for the technical operation and repair of air defense systems according to their condition on the basis of the developed mathematical models, and require

the use of a mathematical apparatus for predicting the reliability indicators of the corresponding samples.

ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ПОВІТРЯНІ СИЛИ, ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ, СТАНДАРТИ, СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ, УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ, ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

LOGISTICS, AIR FORCE, RELIABILITY INDICATORS, STANDARDS, MAINTENANCE AND REPAIR STRATEGIES, LIFE CYCLE MANAGEMENT, WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

Всі методи прогнозування за ступенем формалізації поділяться на інтуїтивні (експертні) та формалізовані. Інтуїтивні методи застосовуються, як правило, у випадках, коли модель змінювання показника безвідмовності або надто проста, або настільки складна, що її аналітичний опис практично неможливий. Інтуїтивні методи поділяють на індивідуальні експертні оцінки та колективні експертні оцінки. Їх практичне застосування інтуїтивних для прогнозування показників надійності безвідмовності зразків ОВТ є недоцільним, оскільки наявний обсяг точкових оцінок показника надійності кожного окремого зразка ОВТ (щоквартальні оцінки показників надійності за результатами експлуатації) дозволяє використання формалізованих методів прогнозування для здійснення індивідуального прогнозу. За результатами досліджень встановлені базові формалізовані методи, а саме: найменших квадратів; експоненціального згладжування; ймовірнісного моделювання; адаптивного згладжування; метод регресії; метод групового урахування аргументів.

У переважній більшості випадків практичного застосування методу найменших квадратів використовуються лінійна, квадратична, ступенева, показникова, експоненціальна та логістична функції прогнозу, які мають не більше трьох невідомих параметрів. При чому вибір конкретної функції може бути здійснений на підставі співвідношень між характером змінювання вхідної та вихідної величини. Більш того, класичний метод найменших квадратів не передбачає старіння вхідної інформації, незалежно від того, що для дійсних фізичних процесів його майбутня поведінка суттєво у більшому ступені визначається останніми спостереженнями, ніж тими, що були значно раніше.

В методі експоненційного згладжування вибір коефіцієнтів функції здійснюється таким чином, що більш пізнім спостереженням надається більша вага у порівнянні з ранніми спостереженнями, причому внесок (вага) спостережень зменшується за експонентою. Отже, метод експоненційного згладжування дає не середнє значення процесу, а тенденцію, що склалася на момент останнього спостереження.

Метод ймовірнісного моделювання, оснований на методі експоненційного згладжування, розглядає послідовність спостережень з урахуванням закону їх розподілу, проте ігнорує послідовність цієї інформації у часі. Не знайшов широкого практичного використання, оскільки вимагає великої кількості спостережень показника безвідмовності. Узагальненням методу експоненційного згладжування є метод адаптивного згладжування, який, хоча й дає більш надійний прогноз на більший інтервал, проте потребує великої кількості спостережень. Причому чітка процедура визначення необхідної кількості спостережень відсутня, а за наявності 20-30 спостережень метод дає лише приблизний прогноз.

У випадку необхідності урахування впливу багатьох факторів використовуються регресійні моделі. Багатофакторний регресійний поліном ураховує ступінь впливу на прогнозований параметр факторів з урахуванням їх можливої взаємодії. Ще одним регресійним методом є метод групового урахування аргументів (МГУА), який на основі наявного (достатньо великого) обсягу потрібної для моделювання апріорної інформації в результаті послідовної оцінки великої кількості моделей-претендентів здійснює пошук моделі оптимальної складності, що найбільш адекватно відображає зміст процесу змінювання показників надійності. При цьому МГУА потребує великої кількості спостережень та передбачає достатньо складний механізм перебору моделей-претендентів.

Для обґрунтування вибору методу прогнозування був проведений аналіз вищезазначених методів з метою виявлення їх переваг та недоліків, отримана порівняльна характеристика основних методів прогнозування показників надійності наведена у табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика основних методів прогнозування

Назва методу прогнозування	Переваги	Недоліки
метод найменших квадратів	простота моделювання	не передбачає старіння вхідної інформації; обмеження на статистичні характеристики вихідних даних
метод експоненційного згладжування	урахування старіння вхідної інформації; простота моделювання; дає не середнє значення процесу, а тенденцію, що склалася на момент останнього спостереження	відсутність єдиного підходу до визначення параметру згладжування
метод ймовірнісного моделювання	ймовірнісний підхід до показника надійності;	ігнорує послідовністю спостережень
метод узагальненого згладжування	більш надійний прогноз на більший інтервал	потребує великої кількості спостережень
метод регресії	багатофакторність; простота та прозорість моделювання	вимоги на відсутність кореляції факторів між собою та відсутність кореляції між факторами та помилкою прогнозування
метод групового урахування аргументів	багатофакторність	потребує великої кількості спостережень; достатньо складний механізм перебору моделей-претендентів

Відповідно до табл. 1 методи узагальненого згладжування та МГУА не можуть бути застосовані для прогнозування показників надійності зразків ОВТ, оскільки потребує великої кількості спостережень для забезпечення надійного прогнозу. На теперішній час в умовах ведення бойових дій переважна більшість зразків ОВТ фактично експлуатуються за технічним станом, причому наявний обсяг інформації складає порядку 20 спостережень. Внаслідок ігнорування послідовності спостережень застосування методу узагальненого згладжування для прогнозування показника безвідмовності зразків ОВТ також недоцільно.

Згідно з результатами проведених досліджень метод найменших квадратів, метод експоненційного згладжування, метод регресії дають однакові вирази для функції прогнозу. Відмінність методів полягає у різному порядку визначення коефіцієнтів функції. Причому перевагу слід віддати методу регресії, який на відміну від інших дозволяє урахувати, за необхідності, вплив на показник безвідмовності декількох факторів і навіть взаємодії цих факторів. Обмеження методу регресії на відсутність кореляції факторів між собою та відсутність кореляції між факторами та помилкою прогнозування знімаються відомими процедурами авторегресійних перетворень, переходу до різниць вхідних і вихідних величин та ін., отже не є принциповими.

Слід відзначити, що згідно з методом експоненційного згладжування використання моделей порядку більшого за другий, не призводить до суттєвого збільшення точності прогнозу. Розповсюджуючи цей досвід практичного використання методу експоненційного згладжування на метод регресії для прогнозу показників надійності зразків ОВТ доцільно використовувати моделі лінійної та квадратичної регресії. Однак, за результатами прогнозування показників залишкової довговічності ОВТ встановлено, що на інтервалах прогнозування тривалістю 5 років лінійна регресія забезпечує стійкий та достатньо точний прогноз.

Задача обґрунтування гранично допустимого рівня безвідмовності зразків ОВТ, які експлуатуються за технічним станом, являє собою задачу нормування надійності. Вона передбачає встановлення номенклатури показників надійності та обґрунтування вимог до їх значень. Глибина вихідних даних, за якими здійснюється прогнозування, з одного боку, повинна бути достатньо великою для забезпечення можливості правильного визначення функції прогнозу показника безвідмовності, а, з іншого боку, повинна забезпечувати поступове старіння вихідної інформації (щоквартальних оцінок показника безвідмовності) для урахування функцією прогнозу тенденції змінювання показника безвідмовності, яка склалася на момент прогнозу. За результатами досліджень для прогнозування показників надійності доцільно використовувати статистику глибиною 5 років.

Таким чином, загальним підходом до обґрунтування гранично допустимих значень показників надійності для зразків ОВТ є знаходження такого значення показника надійності, який більше за мінімально допустиме значення та забезпечує мінімальні витрати на закупівлю та експлуатацію відповідних зразків. При цьому у результаті аналізу методів прогнозування обґрунтовано використання методу лінійної регресії для прогнозування показників надійності зразків ОВТ, який не вимагає великої кількості спостережень для визначення функції прогнозу та дозволяє, за необхідності, урахувати вплив на значення визначеного показника надійності декількох факторів та здійснювати середньострокове прогнозування за статистикою.

Список використаних джерел:

1. Ланецкий Б.Н. Адаптивное управление техническим состоянием и надежностью сложных технических систем в условиях ресурсных ограничений/ Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук // Системи озброєння і військова техніка . – Вип. 2 (26). – Х.: ХУПС, 2011. – С. 149-151.
2. Гриб Д.А. Удосконалення методів технічної експлуатації і ремонту як основа підтримання боєготового стану зенітного ракетного озброєння в сучасних умовах / Д.А. Гриб, Б.М. Ланецкий, В.В. Лук'янчук // Наука і оборона. – 2012. – № 3. – С. 55-63.
3. Технічна експлуатація зенітного ракетного озброєння та радіоелектронної техніки за станом. Терміни та визначення: ВСТ 12.200.003 – 2012(01). – [Чинний від 2013-01-08]. – Х.: ХУПС, 2013. – 11 с.
4. Бестужев-Лада. И. В. Рабочая книга по прогнозированию / Э.А. Араб-Оглы, И. В. Бестужев-Лада, Н.Ф. Гаврилов и др.; под ред. И. В. Бестужев-Лада. – М.: Мысль, 1982. – 430 с.
5. Опенько П.В. Обґрунтування методу математичного моделювання для прогнозування надійності радіоелектронних засобів озброєння і військової техніки / П.В. Опенько, А.В. Крижний, П.А. Дранник, І.І. Сачук // III Всеукраїнська наукова конференція Військової академії 22-23 вересня 2016 р. “Спільні дії військових формувань держави: проблеми та перспективи”, тези доповідей. – Одеса: Військова академія, 2016. – С. 149 – 150.
6. Опенько П.В. Вибір методу математичного моделювання для прогнозування надійності радіоелектронних засобів ЗРК при експлуатації за технічним стан / П.В. Опенько, А.А. Артеменко, І.І. Сачук, А.А. Побережний // Науково-практична конференція науково-дослідної лабораторії забезпечення службової діяльності Національної гвардії України Національної академії національної гвардії України “Актуальні питання матеріально-технічного забезпечення сил охорони правопорядку”, 27 жовтня 2016 року, тези доповідей на науково-практичній конференції Секція 2. Х.: НАНГУ, 2016. – С. 95.
7. Кобзев В.В. Обоснование применения метода группового учета аргументов для прогнозирования долговечности радиоэлектронных средств зенитных ракетных комплексов при реализации стратегии технической эксплуатации и ремонта по состоянию / В.В. Кобзев, П.В.

Опенько, Д.В. Фоменко // Науково-практический журнал “Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони”. – К.: НУОУ, 2012. – Вип. 1(13). – С. 52-56.

Опенько Павло Вікторович, кандидат технічних наук, старший дослідник, докторант кафедри логістики Повітряних Сил інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України, м. Київ, pavel.openko@ukr.net.

Pavlo Openko (Candidate of technical sciences, senior researcher), National Defence University of Ukraine, pavel.openko@ukr.net.

Миронюк Микола Юрійович, кандидат військових наук, начальник науково-дослідного відділу застосування авіації та протиповітряної оборони інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України, м. Київ, usrex83@gmail.com.

Mykola Myroniuk, candidate of military sciences, head of the Research Department of the Application of Aviation and Air Defense of the Institute of Aviation and Air Defense of the National Defense University of Ukraine, Kyiv, usrex83@gmail.com.

Майстров Олексій Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу застосування авіації та протиповітряної оборони інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України, м. Київ, iappo.ndl@gmail.com

Oleksiy Maistrov, candidate of technical sciences, associate professor, leading researcher of the research department of the application of aviation and air defense of the Institute of Aviation and Air Defense of the National University of Defense of Ukraine, Kyiv, iappo.ndl@gmail.com

Базіло Сергій Михайлович, доктор філософії, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу застосування авіації та протиповітряної оборони інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України, м. Київ, baz.sergey84@gmail.com.

Bazilo Serhii, philosophy doctor, senior researcher of the Research Department of the Application of Aviation and Air Defense of the Institute of Aviation and Air Defense of the National Defense University of Ukraine, Kyiv, baz.sergey84@gmail.com.