

# Розвиток, бойове застосування та озброєння зенітних ракетних військ

УДК 621.396.96

Б.Н. Ланецкий<sup>1</sup>, В.В. Лукьянчук<sup>1</sup>, И.В. Коваленко<sup>2</sup>, К.В. Борисенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

<sup>2</sup> Государственное предприятие «Укроборонсервис», Киев

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ОДНОКРАТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОДЛЕНИЯ ИХ НАЗНАЧЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

*Рассматриваются общие методические положения разрабатываемого механизма выбора модели прогнозирования технического состояния и надежности изделий однократного применения с учетом особенностей их конструкций, режимов и условий эксплуатации для дальнейшей оценки их остаточных ресурсов и принятия решений на продление назначенных показателей.*

**Ключевые слова:** прогнозирование технического состояния (надежности), остаточный ресурс, выбор модели прогнозирования.

### Введение

**Постановка проблемы.** В связи со старением вооружения и военной техники (ВВТ) и экономическими трудностями создания новых образцов актуальной продолжает оставаться проблема продления их назначенных показателей, и особенно, изделий однократного применения (ИОП), которые выработали назначенный ресурс или у которых истекли назначенные сроки службы (хранения). К основным задачам, решаемым при продлении назначенных показателей изделий однократного применения, относится задача прогнозирования технического состояния и надежности комплектующих изделий, составных частей и изделий однократного применения в целом.

Такие изделия однократного применения, как **зенитные управляемые ракеты**, характеризуются многообразием режимов содержания (длительного хранения, промежуточной готовности, окончательной готовности), наличием составных частей, которые являются неконтролируемыми, невосстанавливаемыми и необслуживаемыми в процессе эксплуатации и, как следствие, отсутствием соответствующих эксплуатационных данных об их техническом состоянии и надежности. Кроме этого, для этих изделий характерны большое разнообразие типов составных частей и комплектующих изделий, различные режимы эксплуатации и другие особенности.

В результате решение задачи прогнозирования технического состояния и надежности комплектующих изделий, составных частей и изделий однократного применения в целом, „вырастает” в сложную проблему, в основе которой лежит противоречие между необходимостью выполнения возрастающих по сложности задач по обеспечению безопасной и надежной эксплуатации изделий однократного применения и ограниченными возможностями по контролю их технического состояния и надежности, по оценке остаточных ресурсов, принятию решений по продлению их назначенных показателей или восстановлению ресурсов.

**Анализ литературы.** В настоящее время имеется большое количество работ, посвященных оценке и прогнозированию технического состояния и надежности технических изделий [1 – 6]. В незначительной части из них рассматриваются вопросы оценки их остаточного ресурса по отдельным параметрам технического состояния и показателям безотказности.

Вопросы методологии прогнозирования технического состояния и надежности изделий однократного применения с последующей оценкой их остаточного ресурса и принятию решения по продлению назначенных показателей проработаны недостаточно.

Оценка остаточного ресурса комплектующих изделий, составных частей и изделий однократного

применения в целом – сложная проблема, обусловленная необходимостью учета многообразия составных частей, большого разнообразия типов комплектующих изделий, характеризующихся разными видами и величинами текущих наработок, режимами использования, условиями эксплуатации, различными способами измерения определяющих параметров и оценки показателей надежности.

Анализ наблюдений за изменением технического состояния и надежности составных частей, их комплектующих изделий и ИОП в целом, показывает, что при прогнозировании их технического состояния и надежности невозможно ограничиваться каким-либо одним методом прогнозирования. Применительно к каждой конкретной ситуации целесообразно использовать определенный метод прогнозирования.

В связи с этим актуальным является разработка методических положений по выбору конкретных методов прогнозирования технического состояния и надежности применительно к специфике объектов прогнозирования, условиям и режимам их эксплуатации.

**Цель статьи.** Разработка общих методических положений по выбору моделей прогнозирования технического состояния и надежности изделий однократного применения, их составных частей и комплектующих изделий для решения задач оценки их остаточного ресурса и продления назначенных показателей.

### Основная часть

Решение задач прогнозирования технического состояния и надежности ИОП связано с необходимостью получения, обработки и анализа больших объемов априорных данных, данных контролей технического состояния, контрольно-технических освидетельствований, ремонтов и других мероприятий. При этом важной является задача подбора определенной совокупности используемых методов прогнозирования технического состояния и надежности и выбора конкретного метода из этой совокупности применительно к объекту прогнозирования.

Анализ конструкции ИОП различного назначения, режимов и условий их эксплуатации показывает на следующие особенности их составных частей и комплектующих изделий:

- большое разнообразие типов комплектующих изделий, характеризующихся различными единицами измерения наработки (изделия однократного срабатывания, циклического использования, непрерывного функционирования);

- различными режимами использования и условиями эксплуатации;

- различной номенклатурой показателей безотказности и сохраняемости;

- различными способами и средствами измерения определяющих параметров, контролируемых при эксплуатации, контрольно-технических освидетельствованиях, ремонтах и т.д.

Для различных составных частей, комплектующих изделий и режимов эксплуатации ИОП условия решения задачи прогнозирования технического состояния и надежности существенно отличаются.

Так, в частности, характеристики случайных процессов изменения определяющих параметров, объемы исходных данных (количество точек временного ряда), полученные по результатам контролей технического состояния, контрольно-технических освидетельствований, объемы измерений и априорной информации этих объектов существенно различаются.

При разработке методов прогнозирования технического состояния и надежности ИОП, их составных частей и комплектующих изделий необходимо предусматривать возможность широкого варьирования этих факторов.

Разработка методологических положений по прогнозированию технического состояния и надежности составных частей ИОП, их комплектующих изделий и ИОП в целом, должна основываться на:

- наиболее полном учете особенностей построения и функционирования ИОП и их составных частей, закономерностей изменения технического состояния и надежности их комплектующих изделий;

- адаптивном учете изменений количества и качества используемых при прогнозировании исходных данных;

- автоматизации основных процедур построения моделей прогнозирования и получения результатов расчета.

Так, прогнозирование технического состояния осуществляется, как правило, посредством прогнозирующей функции [1], выбор и построение которой – один из основных вопросов, принципиально влияющий на качество принимаемого решения о продлении назначенных показателей.

Широко распространены методы прогнозирования, использующие модели, которые отражают физические процессы, происходящие в объектах [3]. К ним, в частности, относятся параметрические модели.

Для ситуации, когда физические модели изменения технического состояния не установлены, используются, как правило, методы краткосрочного прогнозирования, такие как авторегрессия, скользящего среднего, Бокса-Дженкинса [6] и др.

Методами, займаючими проміжучі положення між формальними (типа авторегресії), і методами, що вимагають знання фізичної моделі процесу, є авторегресії з навчанням [5] і др.

Для рішення задач прогнозування технічного стану і надійності складних частин ІОП з заданими показателями точності і достовірності необхідно рішення ряду задач:

– визначення вихідного множини моделей, сукупність яких описує основні закономірності зміни визначаючих параметрів складних частин виробів однократного застосування і їх складових виробів;

– вибір адекватної математичної моделі прогнозування в конкретній ситуації з урахуванням кількості і якості вихідної інформації;

– формування правил переходу до іншої моделі прогнозування (або зміни параметрів моделі) при зміні вихідних даних;

– автоматизація процесів побудови моделей, використовуваних для прогнозування технічного стану і надійності складних частин виробів однократного застосування.

Задача прогнозування технічного стану і надійності складних частин, їх складових виробів і ІОП зводиться до адекватного вибору моделей прогнозування технічного стану і надійності і адаптації вибраних моделей до вихідних даних експлуатації.

Одним з основних показників надійності при рішеннях задач продовження призначених показників є показник залишкового ресурсу.

Величина показника залишкового ресурсу ІОП є функціоналом наступних аргументів:

структурної схеми надійності виробів однократного застосування ;

вектора станів складних частин виробів однократного застосування ;

вектора величин залишків ресурсів складних частин і їх складових виробів.

Залишковий ресурс складної частини (комплектуючого виробу) вважається витраченим в разі виходу реалізації випадкового процесу зміни визначаючого параметра технічного стану за межі області, визначаючої граничне стан.

Для оцінки залишкового ресурсу складної частини виробів однократного застосування з множини моделей прогнозування технічного стану і надійності вибирають таку, з допомогою якої можна отримати результат прогнозування вимоганого якості в умовах обмежень, вносимих характеристиками часового ряду

з результатів контролю технічного стану, контрольних-технічних свідчень і др.

Задачу вибору моделі прогнозування можна сформулювати як задачу формування такого механізму вибору, з допомогою якого для даного часового ряду можна вибрати модель, що дозволяє отримати найкращі показники якості прогнозування при виконанні обмежень, вносимих прогнозуваним часовим рядом.

При виборі моделі прогнозування технічного стану і надійності вирішуються наступні частині задачі:

1. На множині моделей (методів) прогнозування необхідно сформувати базу моделей, що відповідає вимогам повноти.

2. З сформованої бази моделей з допомогою механізму вибору вибрати модель, що дозволяє отримати показники якості прогнозування не гірше вимоганих.

На основі проведених досліджень моделей прогнозування залишкового ресурсу запропонована двохетапна процедура вибору моделі з бази моделей.

На першому етапі на основі порівняння вектора, що характеризує кожну модель, і вектора, що характеризує прогнозуваний часовий ряд, з бази моделей вибирається підмножина моделей, які дозволяють отримати задовільні результати прогнозу.

На другому етапі з цієї підмножини на основі механізму вибору проводиться вибір оптимальної по показникам якості прогнозування моделі.

Механізм вибору моделі прогнозування включає рішення трьох основних задач:

1. Оцінювання параметрів всіх моделей і перевірка їх адекватності прогнозуваному часовому ряду.

2. В разі порушення адекватності моделі з-за зміни характеристик прогнозуваного процесу виконується адаптація моделі за рахунок зміни параметрів. При цьому адаптуються параметри моделі, або здійснюється перехід до іншої моделі з множини.

3. При зміні інформації про прогнозуваний часовий ряд, з бази моделей в множину додаються нові моделі, далі проводиться оцінка і адаптація їх параметрів, а в разі потреби – підбирається інший тип моделі.

Перевірка адекватності моделі прогнозування здійснюється з використанням статистичних критеріїв на вибірках відповідних об'ємів.

## Выводы

Обоснована необхідність розробки механізму вибору метода прогнозування технічного стану і надійності izdeliy однократного применения, применительно к объектам прогнозування, умовам і режимам їх експлуатації для оцінки показателів остаточного ресурса і прийняття рішення на продовження назначених показателів.

Сформулировані загальна задача вибору моделі прогнозування технічного стану і надійності izdeliy однократного применения і сукупність частних задач, порядок і методи рішення яких складають механізм вибору моделі прогнозування

Розглянуті інші методичні положення по вибору моделей прогнозування технічного стану і надійності складових частин їх комплектуючих izdeliy і izdeliy однократного применения в цілому з сукупності використовуваних в техніці методів прогнозування технічного стану і надійності.

## Список литературы

1. Гаскаров Д.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры / Д.В. Гаскаров, А.В. Мозгалецкий, Т.А. Голинкевич; ред. Т.А. Голинкевич. – М.: Сов. радио, 1974. – 224 с.

2. РД-50-491-84. Техническая диагностика. Определение параметров технического состояния объектов диагностирования по косвенным параметрам на основе регрессионных моделей. – Введ. 01.01.1985. – 37 с.

3. РД 50-490-84. Техническая диагностика. Прогнозирование остаточного ресурса машин и деталей по косвенным параметрам. – М.: Изд-во стандартов, 1985.

4. Янкаускас В.Ю. Точность прогноза по коротким временным рядам / В.Ю. Янкаускас // Труды АН Литовской ССР. – Сер. Б. – 1986. – Т. 3(154). – С. 119-126.

5. Лейфер Л.А. Индивидуальное прогнозирование изменения технического состояния. Авторегрессионная модель / Л.А. Лейфер, Ю.Л. Калинин, Н.Н. Зуль // Надежность и контроль качества. – 1987. – № 12. – С. 27-31.

6. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – М.: Мир, 1974. – Кн. 1. – 405 с.

Поступила в редколлегию 27.09.2011

Рецензент: д-р техн. наук проф. Г.В. Ермаков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ПО ВИБОРУ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ Й НАДІЙНОСТІ ВИРОБІВ ОДНОКРАТНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ РІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ПРОДОВЖЕННЯ ЇХ ПРИЗНАЧЕНИХ ПОКАЗНИКІВ

Б.М. Ланецький, В.В. Лук'янчук, І.В. Коваленко, К.В. Борисенко

Розглядаються загальні методичні положення розроблювального механізму вибору моделі прогнозування технічного стану та надійності виробів однократного застосування (ВОЗ) з урахуванням особливостей їхніх конструкцій, режимів і умов експлуатації для подальшої оцінки їхніх залишкових ресурсів і прийняття рішень на продовження назначених показників.

**Ключові слова:** прогнозування технічного стану (надійності), залишковий ресурс, вибір моделі прогнозування.

## GENERAL METHODIC PROVISIONS ON SELECTION OF MODELS FOR FORECASTING OF THE TECHNICAL STATE AND RELIABILITY OF A NONRECOVERABLE ARTICLES FOR SOLVING PROBLEMS OF THEIR SPECIFIED LIFETIME PROLONGATION

B.N. Lanetsky, V.V. Luck'yanchuk, I.V. Kovalenko, K.V. Borysenko

General methodic provisions of the developed mechanism of selection of model for forecasting of the technical state and reliability of a nonrecoverable articles are considered taking into account the features of their constructions, orders and exploitation conditions for the further estimation of their remaining resources and making decisions on the prolongation of the specified lifetimes.

**Keywords:** prognostication of the technical state (to reliability), remaining resource, choice of model of prognostication.