

УДК 623.4.017

**Б. М. ЛАНЕЦЬКИЙ**, заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор,

**І. В. КОВАЛЬ**, кандидат технічних наук,

**С. В. СЕЛЕЗНЬОВ**, кандидат технічних наук  
(Науковий центр Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба)

## Методика прогнозування стану парку зенітних ракетних комплексів Повітряних Сил Збройних Сил України для вирішення задач планування розвитку озброєння та військової техніки

*Розглядається методика прогнозування стану парку зенітних ракетних комплексів (ЗРК) у середньостроковій та довгостроковій перспективах у складі Повітряних Сил Збройних Сил України. В основі цієї методики покладена модель залежності кількості боєготових ЗРК від календарної тривалості експлуатації, що враховує початковий розподіл ЗРК за роками виготовлення, обрану стратегію експлуатації і ремонту ЗРК та інші фактори.*

**Ключові слова:** методика прогнозування стану парку ЗРК, модель зміни кількості боєготових ЗРК, післяремонтний термін служби, граничний термін служби.

*Рассматривается методика прогнозирования состояния парка зенитных ракетных комплексов (ЗРК) в среднесрочной и долгосрочной перспективах в составе Воздушных Сил Вооруженных Сил Украины. В основу этой методики положена модель изменения количества боєготових ЗРК в зависимости от календарной продолжительности эксплуатации, которая учитывает начальное распределение ЗРК по годам изготовления, выбранную стратегию эксплуатации и ремонта ЗРК и другие факторы.*

**Ключевые слова:** методика прогнозирования состояния парка зенитных ракетных комплексов, послеремонтный срок службы, предельный срок службы.

Для формування пропозицій у державну програму розвитку озброєнь Збройних Сил (ЗС) України необхідна методика, що дозволяє оцінювати стан парку озброєння і військової техніки (ОВТ) ЗС України, зокрема стан парку зенітних ракетних комплексів (ЗРК) у Повітряних Силах ЗС України, при різних варіантах застосування регламентованої стратегії експлуатації і ремонту (далі – регламентована стратегія) або стратегії експлуатації і ремонту за технічним станом (далі – стратегія експлуатації за станом) або їх комбінації та інших факторів, які істотно впливають на стан парку ЗРК. Вирішення цієї задачі є актуальним у зв'язку з необхідністю обґрунтування основних параметрів розвитку ОВТ ЗС України на середньострокову та довгострокову перспективи.

У науково-технічній літературі питанням прогнозування стану ОВТ присвячені публікації [1, 2, 3] тощо. Зокрема, цим питанням присвячена спеціальна методика, розглянута в [1], яка дозволяє оцінити наявність і технічний стан зразків ОВТ при різних варіантах розподілу коштів на розвиток системи озброєння. Особливістю цієї методики є те, що вона розрахована на зразки ОВТ масового виробництва, при цьому розподіл парку зразків ОВТ задається в інтервальному вигляді з дискретністю у десять років, розподіл зразків ОВТ на кожному інтервалі поданий випадковою величиною з рівномірним законом розподілу, а відмінності в темпах списання виробів різної тривалості експлуатації виявляються у вигляді відповідних відсотків списання парку виробів з урахуванням їх розподілу за інтервалами експлуатації. Застосування цієї методики для оцінки стану парку ЗРК є неприйнятним, тому що ЗРК, які знаходяться на озброєнні Повітряних Сил ЗС України, не є виробами масового виробництва, завдання початкового розподілу парку ЗРК в інтервальному вигляді та інші припущення знижують достовірність прогнозування стану парку ЗРК.

Для вирішення задачі прогнозування необхідно також знання граничних термінів служби ЗРК. У статті [2] розглядаються методичні положення щодо визначення граничного терміну служби зразка озброєння. Положення цієї статті в цілому можна використовувати для оцінки граничних термінів служби зразків ОВТ, але її неможливо застосовувати для оцінки стану і динаміки парку виробів конкретного типу в залежності від календарної тривалості їх експлуатації.

Таким чином, на даний час існують методики прогнозування стану зразків ОВТ, які орієнтовані на зразки ОВТ масового виробництва і не розраховані на зразки ОВТ, що знаходяться в обмеженій кількості на озброєнні Повітряних Сил Збройних Сил України. У зв'язку з цим необхідна розробка методичного апарату або спеціальних методик, що дозволяють прогнозувати стан парку ОВТ малосерійного та середньосерійного виробництва на середньострокову та довгострокову перспективи для вирішення задачі обґрунтування основних параметрів розвитку ОВТ ЗС України (зокрема, ЗРК).

**Мета** статті – розробка методики прогнозування стану парку ЗРК у складі Повітряних Сил Збройних Сил України на середньострокову та довгострокову перспективи для розробки початкових даних при формуванні програми розвитку ОВТ Збройних Сил України.

Методика прогнозування стану парку ЗРК у складі Повітряних Сил Збройних Сил України на середньострокову та довгострокову перспективи (далі – методика) містить такі етапи:

формування початкових даних, які включають дати виготовлення ЗРК, доремонтний, міжремонтний та післяремонтний терміни служби, продуктивність ремонтного підприємства, стратегію експлуатації і ремонту (підтримання парку ЗРК у боєготовому стані), граничний термін служби та ін.;

оцінка початкового розподілу парку ЗРК за календарною тривалістю експлуатації;

прогнозування зміни кількості боєготових ЗРК у залежності від календарної тривалості експлуатації з використанням моделі залежності кількості боєготових ЗРК від календарної тривалості експлуатації;

прогнозування потреб у ремонті і технічному обслуговуванні ЗРК.

В основу методики покладена модель зміни кількості боєготових ЗРК у залежності від календарної тривалості експлуатації. При цьому під боєготовими ЗРК будемо розуміти працездатні ЗРК, що мають запас встановленого терміну служби (ресурсу) не менше одного року. Кількість боєготових ЗРК  $j$ -го типу в  $i$ -й рік експлуатації  $N_{БГij}$  розраховується за співвідношенням

$$N_{БГij} = N_{ЗРКij} - N_{дор.ij} + N_{рем.ij} - N_{НБГij} \quad (1)$$

де  $N_{дор.ij}$  – кількість ЗРК, в яких у  $i$ -му році закінчився встановлений доремонтний термін служби;  $N_{рем.ij}$  – сумарна кількість відремонтованих ЗРК на  $i$ -й рік експлуатації;  $N_{НБГij}$  – сумарна кількість відремонтованих ЗРК, в яких закінчився запас встановленого міжремонтного, післяремонтного або прогнозованого терміну служби (при стратегії експлуатації за станом) на  $i$ -й рік експлуатації;  $N_{ЗРКij}$  – кількість ЗРК, в яких не настав граничний термін служби в  $i$ -му році, що, у свою чергу, розраховується за співвідношенням

$$N_{ЗРКij} = N_{ЗРКj} - N_{ГТij}, \quad (2)$$

де  $N_{ЗРКj}$  – загальна кількість ЗРК, що входять до складу ПС ЗС України;  $N_{ГТij}$  – кількість ЗРК, в яких у  $i$ -му році настав граничний термін служби.

В основу цієї моделі покладений принцип окремого підрахунку її складових:  $N_{ЗРКij}$ ,  $N_{ГТij}$ ,  $N_{дор.ij}$ ,  $N_{рем.ij}$ ,  $N_{НБГij}$  – та подальшого розрахунку з їх використанням кількості боєготових ЗРК  $N_{БГij}$ . За результатами моделювання отримуються часткові залежності кількості боєготових ЗРК  $N_{БГij}$ , відремонтованих ЗРК  $N_{рем.ij}$  (зростаючим підсумком), відремонтованих ЗРК, в яких закінчився

міжремонтний, післяремонтний або прогнозований термін служби,  $N_{НБГij}$  (зростаючим підсумком), загальної кількості ЗРК, в яких не настав граничний термін служби  $N_{ЗРКij}$ , у залежності від календарної тривалості експлуатації ЗРК. Ці залежності відображаються у вигляді стовпчастих діаграм.

Модель враховує основні фактори, що істотно впливають на зміну кількості боєготових ЗРК. Такими факторами є:

прийнята стратегія експлуатації та ремонту ЗРК та її параметри (граничний термін служби ЗРК, параметри підсистеми ремонту ЗРК);

початковий розподіл парку ЗРК за календарною тривалістю експлуатації;

дата початку проведення ремонтів із заданою продуктивністю ремонтного підприємства;

дата проведення останнього ремонту до початку проведення ремонтів із заданою продуктивністю.

При прогнозуванні зміни кількості боєготових ЗРК може бути визначена одна з стратегій: регламентована, експлуатації за станом або їх комбінація. При регламентованій стратегії величини доремонтного, міжремонтного або післяремонтного терміну служби ЗРК є такими, що встановлюються, а при стратегії експлуатації за станом ці величини є прогнозованими.

Під граничним терміном служби в цієї статті будемо розуміти розрахунково-нормативний термін експлуатації з моменту введення ЗРК в експлуатацію до його списання. Граничний термін служби ЗРК може бути встановлений за результатами досліджень або експертних оцінок [2].

Система експлуатації і ремонту ЗРК характеризується такими параметрами:

величинами встановлених доремонтного, міжремонтного та післяремонтного термінів служби ЗРК при регламентованій стратегії або відповідних прогнозованих термінів служби ЗРК при стратегії експлуатації за станом;

продуктивністю ремонтного виробництва (кількістю відремонтованих ЗРК на рік);

тривалістю циклу ремонту;

кількістю ЗРК, що можуть одночасно знаходитися в ремонті (за можливостями системи ремонту);

кількістю ЗРК, що можуть одночасно виводитися з експлуатації та знаходитися в ремонті (за можливостями системи експлуатації і ремонту).

Блок-схема алгоритму розрахунку залежності кількості боєготових ЗРК та інших часткових залежностей кількості ЗРК від календарної тривалості експлуатації показана на рис. 1. Моделювання здійснюється в програмному середовищі «Excel». Результати моделювання наведені у вигляді стовпчастих діаграм на рис. 2, 3.

На рис. 2 зображені діаграми залежностей при регламентованій стратегії, а на рис. 3 – при стратегії експлуатації за станом.

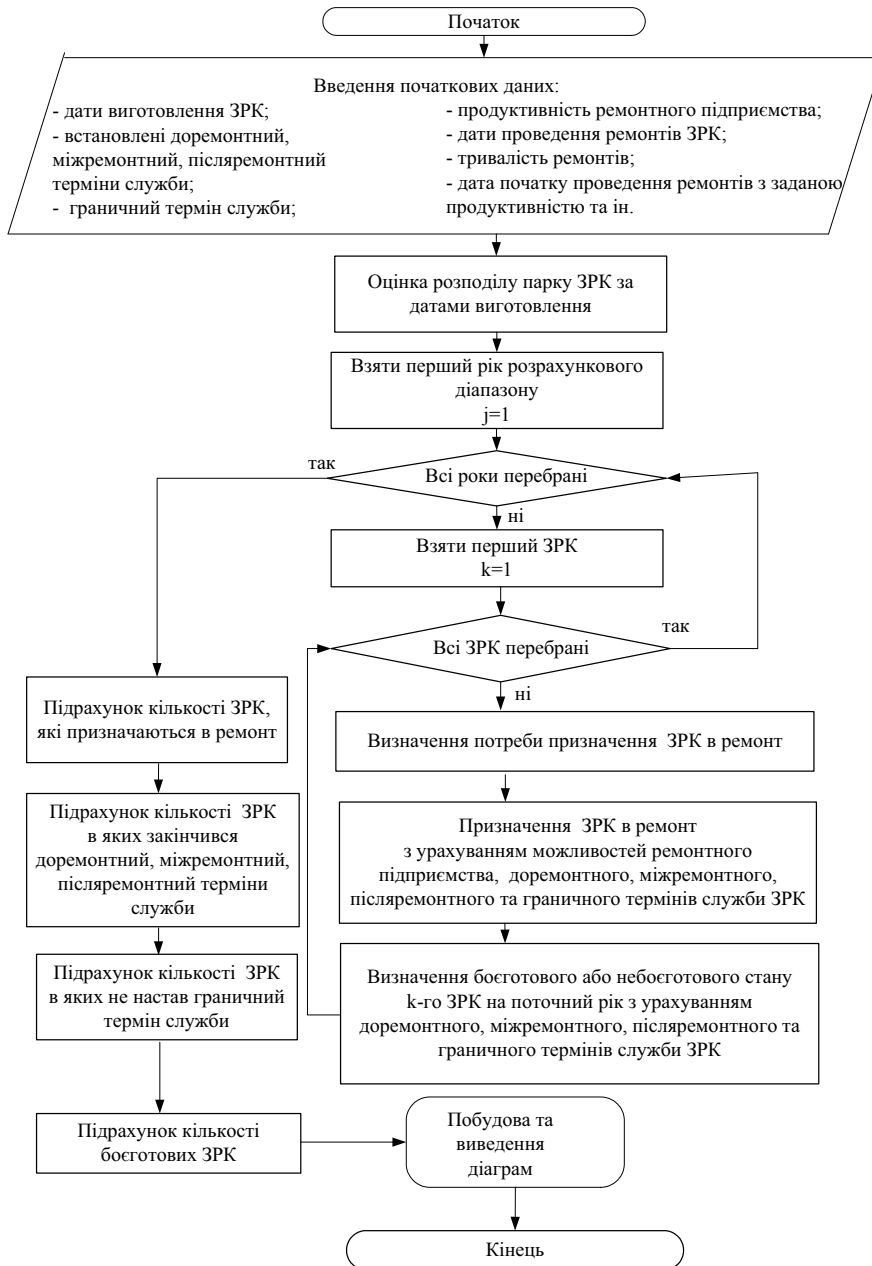


Рис. 1. Блок-схема алгоритму розрахунку залежності кількості боєготових ЗРК та інших часткових залежностей кількості ЗРК від календарної тривалості експлуатації

Для розрахунків, для прикладу, обрані такі довільні початкові дані:

парк ЗРК j-го типу складає 40 одиниць, розподіл яких за роками виготовлення наведений у табл. 1;

Таблиця 1. Розподіл ЗРК за роками виготовлення

Рік випуску	1992	1991	1990	1989	1987	1986	1985
Кількість ЗРК	6	4	9	7	6	5	3

термін служби до ремонту ЗРК – 20 років;  
до 2016 року були відремонтовані з встановленим післяремонтним терміном служби 5 років ЗРК у кількості:

- а) у 2012 році – 2 ЗРК 1985 року виготовлення;
- б) у 2013 році – 2 ЗРК 1987 року виготовлення;
- в) у 2014 році – 2 ЗРК 1990 року виготовлення;
- г) у 2015 році – 1 ЗРК 1991 року виготовлення;
- з 2016 року починається ремонт ЗРК з продуктивністю ремонтного підприємства 3 ЗРК на рік;
- при регламентованій системі встановлений післяремонтний термін служби ЗРК складає 5 років;
- при стратегії експлуатації за станом прогнозований післяремонтний термін служби ЗРК за експертними оцінками складає 7 років;
- граничний термін служби ЗРК за експертними оцінками складає 35 років;
- ЗРК призначається в ремонт, якщо залишковий термін служби (ресурс) після закінчення ремонту буде

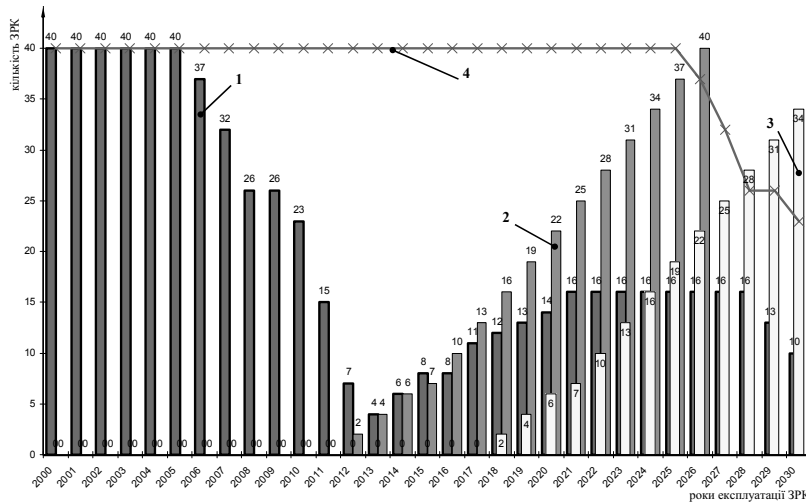


Рис. 2. Діаграми залежності кількості ЗРК від календарної тривалості експлуатації при заданому розподілі ЗРК (табл. 1), варіанті регламентованої стратегії з продуктивністю ремонтного підприємства 3 ЗРК на рік та міжремонтним терміном служби 5 років:

1 – боєготових, 2 – відремонтованих (зростаючим підсумком), 3 – відремонтованих, в яких закінчився міжремонтний або післяремонтний термін служби (зростаючим підсумком), 4 – загальної кількості, в яких не настав граничний термін служби)

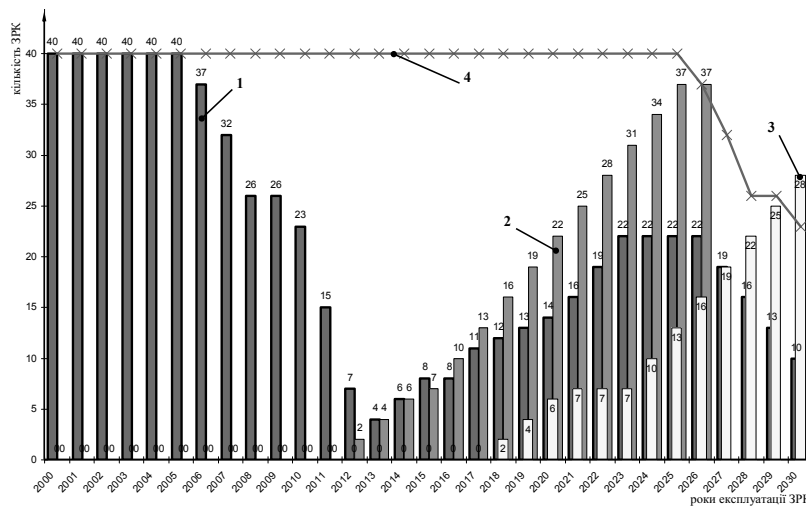


Рис. 3. Діаграми залежностей кількості ЗРК від календарної тривалості експлуатації при заданому розподілі ЗРК (табл. 1), варіанті стратегії експлуатації за станом з продуктивністю ремонтного підприємства 3 ЗРК на рік та післяремонтним терміном служби 7 років:

1 – боєготових, 2 – відремонтованих (зростаючим підсумком), 3 – відремонтованих, в яких закінчився міжремонтний або післяремонтний термін служби (зростаючим підсумком), 4 – загальної кількості, в яких не настав граничний термін служби)

не менше післяремонтного встановленого терміну служби при регламентованій стратегії (5 років) або прогнозованого післяремонтного терміну служби при стратегії експлуатації за станом (7 років);

головне ремонтне підприємство має достатній рівень забезпеченості виробничими площами, технологічним обладнанням та засобами енергозабезпечення;

в наявності є комплекти ремонтної документації на заданий вид ремонту та ремонтні комплекти ЗІП;

кількість кваліфікованого ремонтного персоналу є достатньою.

З наведених діаграм залежностей, що побудовані у відповідності до початкових даних, які наведені вище, можна зробити висновок, що кількість боєготових ЗРК значно залежить від обраної стратегії експлуатації і

ремонтну та продуктивність ремонтного підприємства. Так, при продуктивності ремонтного підприємства 3 ЗРК на рік та регламентованій стратегії кількість боєготових ЗРК на 2023 рік складе 16 одиниць, а при стратегії експлуатації за станом – 22 одиниці.

З отриманих результатів досліджень випливає, що модель зміни кількості боєготових ЗРК дозволяє оцінювати і прогнозувати кількість боєготових ЗРК у залежності від календарної тривалості експлуатації з урахуванням таких основних факторів, як прийнята стратегія експлуатації та ремонту ЗРК та її параметри (характеристики): граничний термін служби ЗРК, параметри підсистеми ремонту ЗРК, початковий розподіл парку ЗРК за тривалістю експлуатації. Розроблена модель враховує всі попередні проведені ремонти ЗРК, що могли

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

бути виконані на окремих ЗРК, з різними післяремонтними термінами служби, а також циклічні ремонти із заданою продуктивністю ремонтного підприємства, які починаються з довільно встановленої дати.

Таким чином, розроблена методика прогнозування стану парку ЗРК дозволяє більш ефективно та достовірно прогнозувати стан парку ЗРК, а також виявляти причини зміни кількості боєготових ЗРК. Ця методика може бути застосована для інших зразків ОВТ малосерійного та середньосерійного виробництва.

**Висновки.** Методика прогнозування стану парку зенітних ракетних комплексів у Повітряних Силах Збройних Сил України, що запропонована, має універсальний характер і призначена для прогнозування динаміки кількісного стану парку зразків ОВТ малосерійного та середньосерійного виробництва. В основу цієї методики покладена модель зміни кількості боєготових ЗРК у залежності від календарної тривалості експлуатації, що враховує такі основні фактори, як прийнята стратегія експлуатації та ремонту ЗРК та її параметри (характеристики), початковий розподіл парку ЗРК за тривалістю експлуатації. Методика дозволяє підвищити достовірність прогнозування та здійснювати перевірку і коректування прогнозів динаміки стану парку зразків ОВТ в рамках розробки вихідних даних для формування пропозицій до державної програми розвитку озброєнь.

1. Буренок, В. М. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты [Текст] / В. М. Буренок, А. А. Косенко, Г. А. Лавринов. – М. : ИД «Граница», 2007. – 728 с.
2. Подольский, А. Г. Методический аппарат определения горизонта жизненного цикла образца вооружения и военной техники / А. Г. Подольский // Вооружение и экономика. – 2009. – № 1 (5) [Электронный ресурс]. – Электрон. журн. – Режим доступа: <http://www.mil.ru/info/1070/51205/index.shtml>.
3. Гриб, Д. А. О методических подходах к оценке эффективности и качества образцов (комплексов, систем) вооружения и военной техники при обосновании перспектив его развития [Текст] / Д. А. Гриб, Б. Н. Ланецкий, А. Б. Леонтьев, В. В. Лукьянчук // Системы управления, навигации та зв'язку. – Вип. 3 (15). – Х. : ХУПС, 2010. – С. 182–186.

**Рецензент О. Б. Леонтьєв**, д-р техн. наук, проф. (науковий центр Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба)