

УДК 623.4.017

Б. М. ЛАНЕЦЬКИЙ,*заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор,***І. В. КОВАЛЬ,** *кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,***С. В. СЕЛЕЗНЬОВ,** *кандидат технічних наук,***В. П. ПОПОВ,** *науковий співробітник**(Науковий центр Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків)*

Методика прогнозування стану парку зенітних керованих ракет при формуванні технічного завдання на проведення робіт з продовження призначених показників

Наведена методика прогнозування стану парку зенітних керованих ракет (ЗКР) при формуванні технічного завдання на проведення робіт з продовження призначених показників. В основу методики покладена модель зміни кількості парку боєготових ЗКР в залежності від календарної тривалості експлуатації, величини призначеного терміну служби ЗКР та інших факторів, що істотно впливають на кількість парку боєготових ЗКР. Розроблена модель дозволяє оперативно оцінювати вплив величин призначених показників та інших факторів на залежність кількості парку боєготових ЗКР від календарної тривалості їх експлуатації. Вимоги до нових величин призначених показників ЗКР пропонуються встановлювати на основі результатів моделювання цих залежностей. Розроблена методика дозволяє здійснювати коректування прогнозів динаміки стану парку ЗКР того чи іншого типу і обґрунтовувати вимоги до величини призначених показників, що встановлюються при формуванні технічного завдання на проведення робіт з продовження призначених показників.

Ключові слова: призначені показники, методика прогнозування стану парку ЗКР, модель зміни кількості боєготових ЗКР, післяремонтний термін служби, граничний термін служби.

Приведена методика прогнозирования состояния парка зенитных управляемых ракет (ЗУР) при формировании технического задания на проведение работ по продлению назначенных показателей. В основу методики положена модель изменения количества парка боеготовых ЗУР в зависимости от календарной продолжительности эксплуатации, величины назначенного срока службы ЗУР и других факторов, которые существенно влияют на количество парка боеготовых ЗУР. Разработанная модель позволяет оперативно оценивать влияние величин назначенных показателей и других факторов на зависимость количества парка боеготовых ЗУР от календарной длительности их эксплуатации. Требования к новым величинам назначенных показателей ЗУР предлагается устанавливать на основе результатов моделирования этих зависимостей.

Ключевые слова: назначенные показатели, методика прогнозирования состояния парка ЗУР, модель изменения количества боеготовых ЗУР, послеремонтный срок службы, предельный срок службы

Вимоги до нових величин призначених показників ЗКР встановлюються замовником у технічному завданні (ТЗ) на проведення робіт з продовження призначених показників ЗКР (далі – робіт з продовження). Ці вимоги повинні встановлюватися на основі аналізу стану парку ЗКР, який будуть мати Повітряні Сили (ПС) Збройних Сил України в середньостроковій перспективі. ЗКР, що є на озброєнні ПС Збройних Сил України, мають тривалості експлуатації, які значно перевищують початково встановлені призначені терміни служби. У зв'язку з цим актуальним на даний час є проведення робіт з продовження призначених показників з освоєнням і проведенням, за необхідності, заводських ремонтів цих ЗКР. Кількість боєготових ЗКР повинна визначатися, виходячи з початкового розподілу парку ЗКР за віком, початково призначених термінів служби або величин призначених термінів служби, що встановлені за результатами робіт з продовження, продуктивності ремонтних підприємств, призначених післяремонтних та граничних термінів служби ЗКР. Ця кількість може бути оцінена за результатами прогнозування стану парку ЗКР, що враховує вищенаведені фактори. У зв'язку з цим актуальним є розробка методики, яка дозволяє оцінювати і прогнозувати стан парку ЗКР у Повітряних Силах ЗС України на середньострокову та довгострокову перспективи з метою обґрунтування вимог до нових величин призначених показників ЗКР.

У науково-технічній літературі питанням прогнозування стану озброєння та військової техніки (ОВТ) присвячено багато публікацій [1–6] та ін. 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. 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. У статті [3] запропоновано підхід до прогнозування технічного стану складових частин авіаційних керованих ракет за контрольованими і неконтрольованими параметрами на основі регресійного аналізу. У статті [4] запропонована методика прогнозування стану парку зенітних ракетних комплексів у Повітряних Силах Збройних Сил України, що має універсальний характер і призначена для прогнозування динаміки кількісного стану парку зразків ОВТ малосерійного та середньосерійного виробництва. В основу цієї методики покладена модель залежності зміни кількості боєготових ЗКР від календарної тривалості експлуатації, що враховує такі основні фактори, як прийнята стратегія експлуатації та ремонту ЗКР та її параметри (характеристики), початковий розподіл парку ЗКР за тривалістю експлуатації. У цій статті наведена методика прогнозування стану парку ЗКР у залежності від календарної тривалості та інших особливостей їх експлуатації, що базується на методиці, розробленій в [4], яка призначена

для обґрунтування вимог до величин призначених показників при формуванні технічного завдання на проведення робіт з продовження.

Метою статті є розробка методики прогнозування стану парку ЗКР при формуванні технічного завдання на проведення робіт з продовження призначених показників.

Розроблена методика прогнозування стану парку ЗКР при формуванні технічного завдання на проведення робіт з продовження призначених показників (далі – Методика) передбачає виконання робіт за такими етапами:

формування вихідних даних, що включають дати виготовлення ЗКР, величини початково призначених термінів служби або величини призначених термінів служби, які встановлені за результатами виконаних робіт з продовження, продуктивність ремонтного підприємства, призначений післяремонтний термін служби, граничний термін служби та ін.;

оцінка початкового розподілу парку ЗКР за календарною тривалістю експлуатації;

прогнозування зміни кількості боєготових ЗКР від календарної тривалості експлуатації при різних величинах призначених показників з використанням моделі залежності зміни кількості боєготових ЗКР від календарної тривалості експлуатації;

формування можливих варіантів завдань вимог до величин призначених показників, їх аналіз з урахуванням потреб у кількості боєготових ЗКР, вартості робіт з продовження, що очікується, та інших факторів.

В основу Методики покладена модель залежності зміни кількості боєготових ЗКР від календарної тривалості експлуатації (далі – модель). Ця модель призначена для розрахунку кількості боєготових ЗКР у залежності від календарної тривалості їх експлуатації з урахуванням розподілу ЗКР за роками та місяцями виготовлення, призначених термінів служби ЗКР, продуктивності ремонтного підприємства та інших факторів і дозволяє розраховувати кількість боєготових ЗКР на визначений розрахунковий рік з точністю до місяця.

При цьому під боєготовими ЗКР j -го типу розуміються працездатні ЗКР, що мають запас призначеного терміну служби (або післяремонтного терміну служби) в k -му місяці i -го року експлуатації $N_{бг_{ikj}}$. Ця кількість розраховується за співвідношенням

$$N_{бг_{ikj}} = N_{бг_{ij}} - \Delta N_{ikj}, \quad (1)$$

де $N_{бг_{ij}}$ – кількість боєготових ЗКР j -го типу на кінець i -го року експлуатації без врахування місяців виготовлення ЗКР; ΔN_{ikj} – кількість ЗКР j -го типу, у яких у k -му місяці i -го року експлуатації настав граничний термін служби або закінчився призначений післяремонтний термін служби. Величина $N_{бг_{ij}}$ розраховується за співвідношенням

$$N_{бг_{ij}} = N_{гр_{ij}} - N_{нбг_{ij}} + N_{рем_{ij}}, \quad (2)$$

де $N_{рем_{ij}}$ – кількість ЗКР j -го типу, відремонтованих в i -му році; $N_{нбг_{ij}}$ – кількість ЗКР, в яких в i -му році

закінчився запас призначеного післяремонтного терміну служби або проведення ремонту недоцільно; $N_{гр_{ij}}$ – кількість ЗКР j -го типу, в яких не настав граничний термін служби в i -му році, що розраховується за співвідношенням

$$N_{гр_{ij}} = N_{ij} - N_{гг_{ij}}, \quad (3)$$

де N_{ij} – загальна кількість парку ЗКР j -го типу, що входять до складу ПС ЗС України в i -му році; $N_{гг_{ij}}$ – кількість ЗКР, для яких в i -му році настає граничний термін служби.

Кількість небоєготових ЗКР j -го типу в k -му місяці i -го року експлуатації

$$\Delta N_{ikj} = N_{гг_{ikj}} + N_{нбг_{ikj}}, \quad (4)$$

де $N_{гг_{ikj}}$ – кількість ЗКР j -го типу, в яких в k -му місяці i -го року експлуатації настав граничний термін служби; $N_{нбг_{ikj}}$ – кількість ЗКР j -го типу, у яких в k -му місяці i -го року експлуатації закінчився призначений післяремонтний термін служби або проведення ремонту недоцільно.

В основу моделі покладений принцип окремого підрахунку її складових: $N_{нбг_{ij}}$, $N_{гр_{ij}}$, $N_{рем_{ij}}$, $N_{гг_{ij}}$, $N_{нбг_{ikj}}$, ΔN_{ikj} , – і подальшого розрахунку кількості боєготових ЗКР $N_{бг_{ikj}}$ у залежності від календарної тривалості експлуатації з урахуванням місяця виготовлення ЗКР. За результатами моделювання отримуються:

залежності кількості боєготових ЗКР від календарної тривалості їх експлуатації за роками виготовлення ЗКР та за місяцями i -го року їх експлуатації;

інші залежності від календарної тривалості експлуатації ЗКР.

Ці залежності відображаються у вигляді діаграм.

Модель враховує такі основні фактори, що істотно впливають на кількість боєготових ЗКР:

початковий розподіл парку ЗКР за календарною тривалістю експлуатації в залежності від року та місяця виготовлення ЗКР;

початково встановлені призначені терміни служби або призначені терміни служби за результатами робіт з продовження;

параметри підсистеми ремонту ЗКР;

дата початку проведення ремонтів ЗКР із заданою продуктивністю ремонтного підприємства;

граничний термін служби ЗКР.

Під граничним терміном служби в цієї статті розуміється розрахунково-нормативний термін експлуатації з моменту введення ЗКР в експлуатацію до її списання. Граничний термін служби ЗКР може бути встановлений за результатами досліджень або за результатами експертних оцінок [3]. Підсистема ремонту ЗКР характеризується такими параметрами:

величиною призначеного післяремонтного терміну служби ЗКР;

продуктивністю ремонтного виробництва (кількістю відремонтованих ЗКР за місяць).

На рис. 1 показана блок-схема алгоритму розрахунку залежності кількості парку боєготових ЗКР від

Таблиця 1. Розподіл ЗКР за датами виготовлення (приклад)

Рік виготовлення	1987		1988		1989		1990			1991		1992	
Кількість ЗКР за роками виготовлення	80		40		70		150			100		60	
Місяць виготовлення	2	6	4	11	8	9	3	5	12	4	10	11	
Кількість ЗКР за місяцями виготовлення в році	13	67	15	25	64	6	14	104	32	100	40	20	

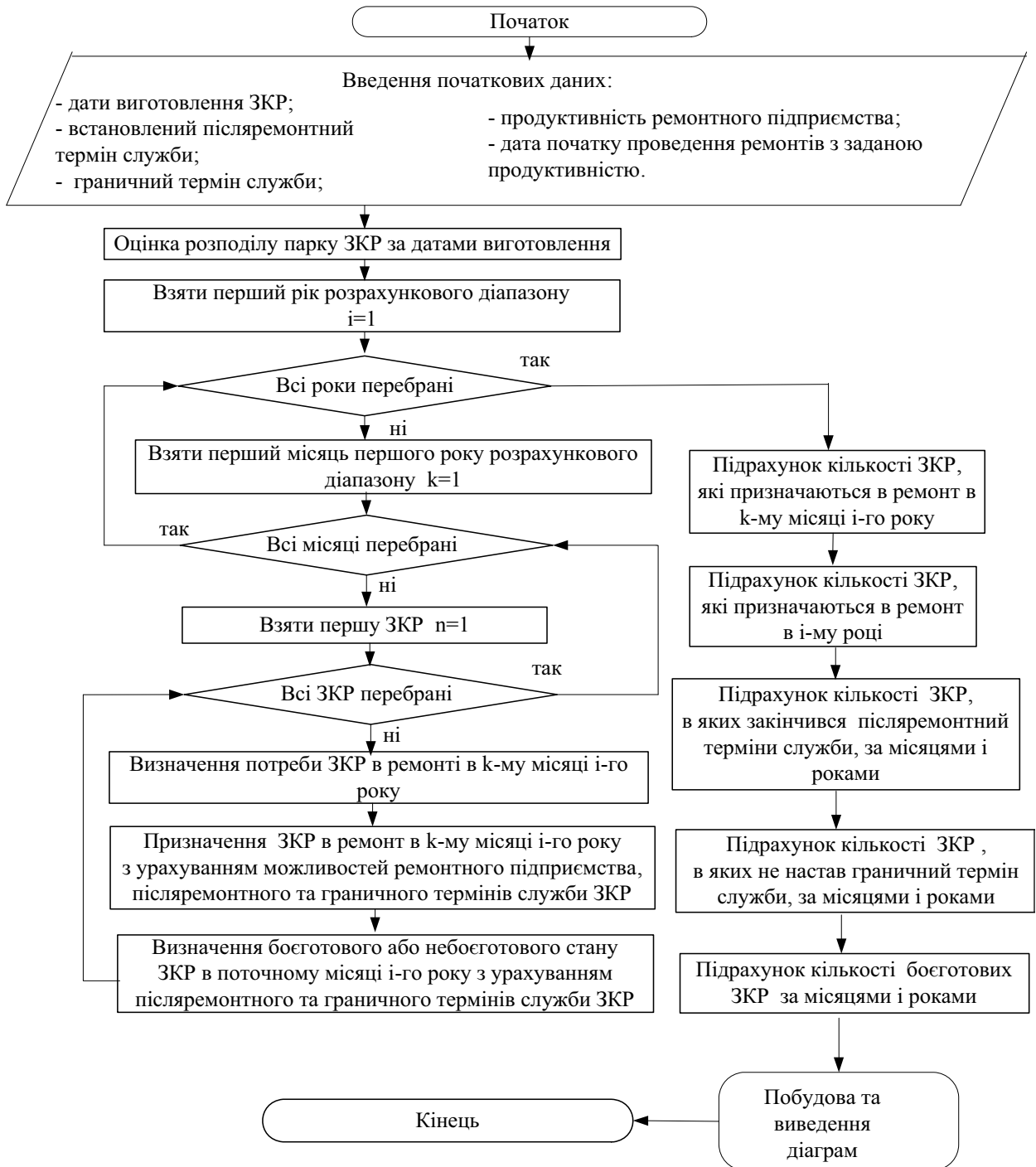


Рис. 1. Блок-схема алгоритму розрахунку залежності кількості парку боеготових ЗКР від календарної тривалості експлуатації та інших часткових залежностей

календарної тривалості експлуатації та інших часткових залежностей. Нижче розглянутий приклад моделювання, виконаного в програмному середовищі «Excel».

Для розрахунків, як приклад, обрані такі вихідні дані:

парк ЗКР, що розглядається, складає 500 одиниць, розподіл яких за датами виготовлення наведений у табл. 1;

з 2019 року починається ремонт ЗКР, у яких вичерпався призначений термін служби;

продуктивність ремонтного підприємства – 5 ЗКР на місяць;

ЗКР призначається в ремонт, якщо залишковий термін служби (ресурс) після закінчення ремонту буде не менше встановленого післяремонтного терміну служби (5 років);

призначений післяремонтний термін служби ЗКР складає 5 років;

граничний термін служби ЗКР за експертними оцінками складає 40 років;

призначений термін служби ЗКР за результатами попередніх робіт з продовження – 30 або 35 років (два варіанти обрані для порівняння);

головне ремонтне підприємство має достатній рівень забезпеченості виробничими площами, технологічним обладнанням та засобами енергозабезпечення, у наявності є комплекти ремонтної документації на заданий вид ремонту та ремонтні комплекти ЗІП;

кількість кваліфікованого ремонтного персоналу достатня.

Результати моделювання показані на рис. 2–5. На рис. 2 і 3 у вигляді діаграм зображені залежності кількості боєготових ЗКР та інші залежності кількості ЗКР від календарної тривалості експлуатації при призначених термінах служби ЗКР за результатами попередніх робіт з продовження до 30 і 35 років відповідно.

Аналогічні залежності можуть бути отримані для будь-якого року експлуатації ЗКР.

Наведені діаграми дозволяють аналізувати кількість боєготових ЗКР, яка може змінюватися в залежності від таких факторів, як початковий розподіл парку ЗКР за календарною тривалістю експлуатації, граничний термін служби ЗКР, призначений термін служби за результатами попередніх робіт з продовження, параметри підсистеми ремонту ЗКР.

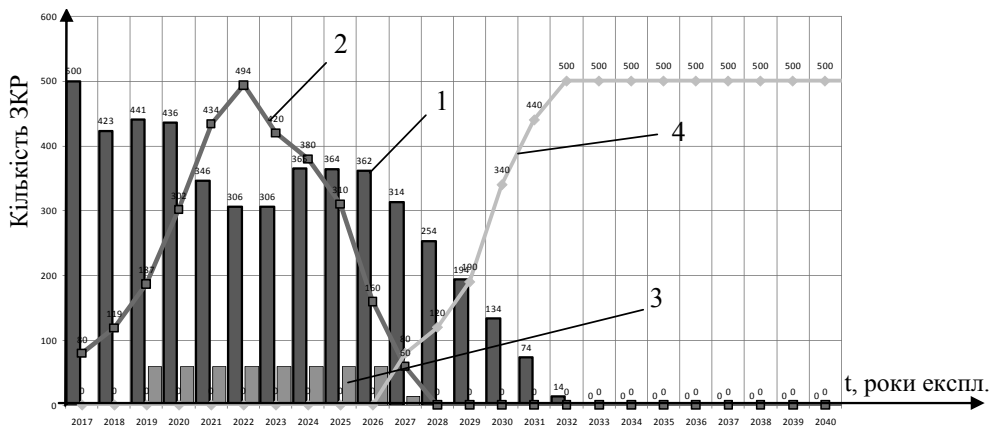


Рис. 2. Діаграми залежностей кількості ЗКР:

1 – боєготових, 2 – яким необхідний ремонт у поточному році, 3 – що ремонтуються в поточному році, 4 – в яких настав граничний термін служби від календарної тривалості експлуатації при заданому розподілі ЗКР (табл. 1) та призначеному терміні служби ЗКР за результатами попередніх робіт з продовження до 30 років

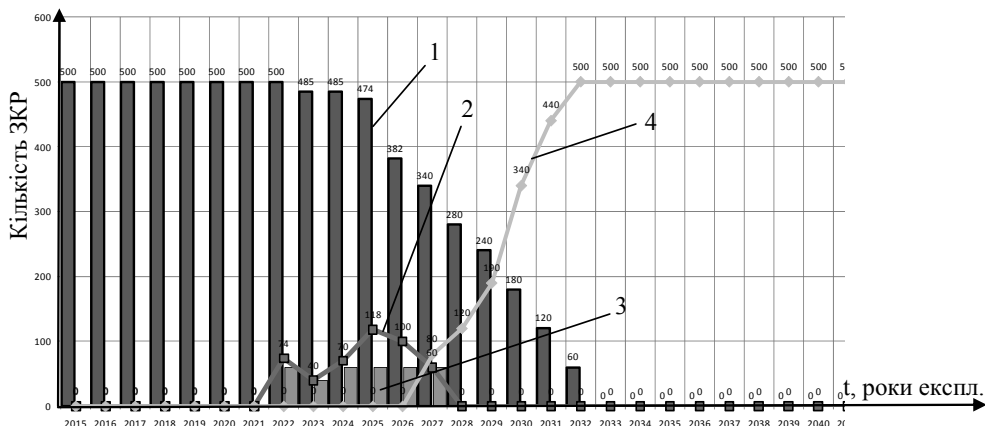


Рис. 3. Діаграми залежностей кількості ЗКР:

1 – боєготових, 2 – яким необхідний ремонт у поточному році, 3 – що ремонтуються в поточному році, 4 – в яких настав граничний термін служби від календарної тривалості експлуатації при заданому розподілі ЗКР (табл. 1) та призначеному терміні служби ЗКР за результатами попередніх робіт з продовження до 35 років

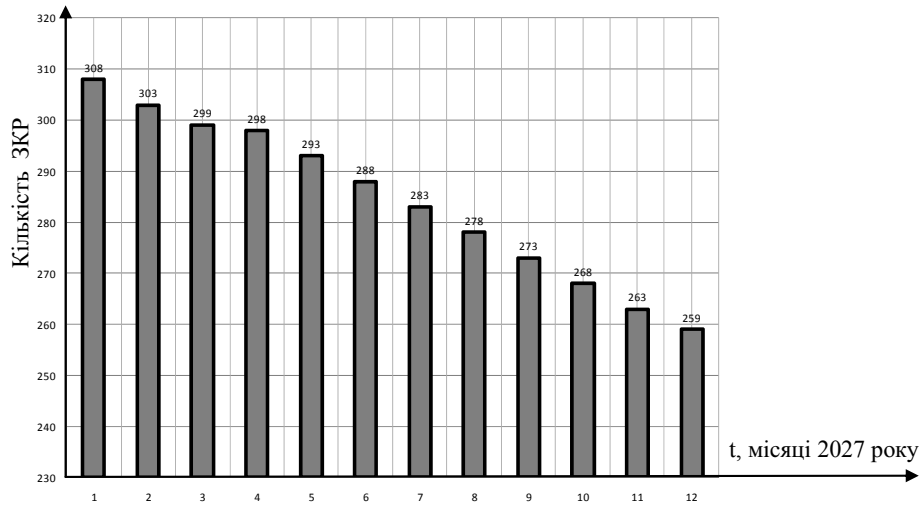


Рис. 4. Діаграма залежності кількості боєготових ЗКР від календарної тривалості експлуатації (за місяцями 2027 року) при призначеному терміні служби ЗКР за результатами попередніх робіт з продовження до 30 років

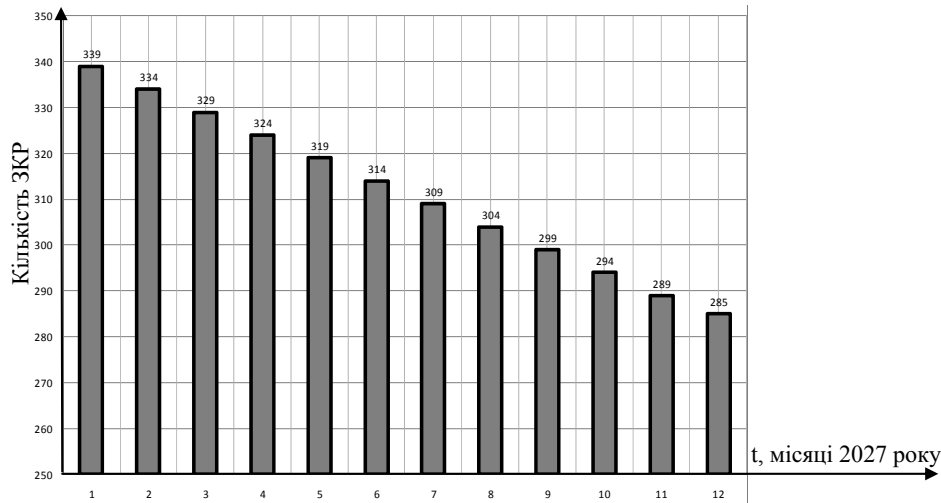


Рис. 5. Діаграма залежності кількості боєготових ЗКР від календарної тривалості експлуатації (за місяцями 2027 року) при призначеному терміні служби ЗКР за результатами попередніх робіт з продовження до 35 років

Розроблена програма дозволяє оперативнo оцінювати вплив величин призначених показників, що плануються при формуванні технічного завдання, та інших факторів на залежності кількості парку боєготових ЗКР від календарної тривалості їх експлуатації.

Таким чином, з використанням Методики можливо оперативнo проводити аналіз різних варіантів завдання вимог до величин призначених показників, обирати прийнятний для замовника варіант з урахуванням потреб у кількості ЗКР та вартості робіт з продовження.

Висновки. В основі розробленої Методики прогнозування стану парку зенітних керованих ракет покладена модель зміни кількості боєготових ЗКР в залежності від календарної тривалості експлуатації, яка дозволяє прогнозувати кількість боєготових ЗКР на середньострокову перспективу при різних величинах призначеного показника, що планується встановлювати за результатами робіт з продовження та інших факторів.

Розроблену Методику пропонується використовувати для встановлення вимог до величин призначених

показників при формуванні технічного завдання на проведення робіт з продовження призначених показників ЗКР.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Буренок В. М., Косенко А. А., Лавринов Г. А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. М. : Граница, 2007. 728 с.
2. Подольский А. Г. Методический аппарат определения горизонта жизненного цикла образца вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. 2009. №.1 (5) : электрон. журн. URL: <http://www.mil.ru/info/1070/51205/index.shtml>.
3. Печура Д. С., Березанський В. Г., Березанський О. Г., Васильченко Д. О. Прогнозування технічного стану складових частин авіаційних керованих ракет за визначеними групами // Системи озброєння і військова техніка / ХУПС. 2014. Вип. 1 (37). С. 68–71.

4. Ланецький Б. М., Коваль І. В., Селезньов С. В. Методика прогнозування стану парку зенітних ракетних комплексів Повітряних Сил Збройних Сил України для вирішення задач планування розвитку озброєння та військової техніки // Озброєння та військова техніка / ЦНДІ ОВТ. 2016. № 4 (12). С. 31–36.
5. Довжук Д. В., Шатров А. М. Прогнозування строків служби керованим авіаційним засобам ураження із заданою достовірністю // Зб. наук. праць ДНДІА. К. : ДНДІА, 2016. Вип. 12 (19). С. 175–179.
6. Ланецький Б. М., Коваль І. В., Лук'янчук В. В., Попов В. П. Загальні науково-методичні положення з організації та проведення робіт з продовження призначених показників зенітних керованих ракет. Номенклатура призначених показників, структурно-функціональні схеми надійності // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України / ХНУПС. 2017. № 1 (26). С. 65–70.
7. Han Qingtian, Liu Mengjun. Forecasting Model of Storage Reliability of Missile // Tactical Missile Technology / Department of Armament Engineering, NAEA, Yantai 264001, China, 03.2002. URL: www.en.cnki.com.cn/Article_en/CGFDTOTAL-ZSDD200203006.html.
8. Erickson T. G., Shankle W.E., Marotta S.A. Ultrahigh reliability US Army missiles and munitions // AUTOTESTCON Proceedings, 2002. IEEE. URL: www.ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1047953/refererenses.
9. Tussiwand G., Eineder L., Mussbach G., Bohn M. Non-destructive Ageing State Determination of Solid Rocket Motors Chargesw // 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016), 5–8 July 2016, Spain, Bilbao. URL: www.ndt.net/app.EWSHM2016.
10. Ланецький Б. М., Коваль І. В., Лук'янчук В. В., Лісовенко В. В. Методика прогнозування стану парку зенітних керованих ракет Повітряних Сил для вирішення завдання продовження їх призначених показників // Проблеми координації військово-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки : зб. тез доповідей IV Міжнародна науково-практична конференція. Київ, 11–14 жовтня 2016. С. 230.
11. Ланецький Б. М., Коваль І. В., Лук'янчук В. В., Лісовенко В. В., Доска О. М. Загальні науково-методичні положення з організації та проведення робіт з продовження призначених показників зенітних керованих ракет. Оцінка техніко-економічної ефективності робіт // Озброєння та військова техніка. 2017. № 3 (15). С. 21–25.

Стаття надійшла до редколегії 18.06.2018

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