

УДК 681.518.54:623.4

**І. М. НИКОЛАЄВ**, кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник

(Харківський національний університет  
Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, м. Харків)

## **Пропозиції щодо порядку використання іноземної елементної компонентної бази в радіоелектронній апаратурі зенітного ракетного озброєння, за яким не здійснюється авторський нагляд**

*Обґрунтовуються пропозиції щодо вдосконалення нормативно-правового механізму, що має регламентувати порядок застосування іноземної елементної компонентної бази в системах (комплексах) зенітного ракетного озброєння, за якими не здійснюється авторський нагляд, для підтримки їх в боєготовому стані силами підприємств і установ України без участі їхніх розробників і виробників.*

*Ключові слова: елементна компонентна база, система (комплекс) зенітного ракетного озброєння, сертифікаційні випробування, прийняття на постачання, бюлетень доопрацювань.*

*Обосновываются предложения по совершенствованию нормативно-правового механизма, регламентирующего порядок применения иностранной элементной компонентной базы в системах (комплексах) зенитного ракетного вооружения, за которыми не осуществляется авторский надзор, для поддержания их в боеготовом состоянии силами предприятий и учреждений Украины без участия их разработчиков и изготовителей.*

*Ключевые слова: элементная компонентная база, система (комплекс) зенитного ракетного вооружения, сертификационные испытания, принятие на снабжение, бюллетень доработок.*

Досвід експлуатації існуючих систем і комплексів зенітного ракетного озброєння (ЗРО), за якими не здійснюється авторський нагляд, свідчить про необхідність поповнення комплектів їх запасних частин і приладдя (ЗІП) гостродефіцитними виробами елементної компонентної бази (ЕКБ), до якої належать інтегральні мікросхеми і дискретні напівпровідникові прилади, пасивні компоненти, дисплеї, мікро- і наносистеми (мікромодулі і мікроскладання), сенсори і датчики, електровакуумні прилади і компоненти. На сьогоднішній день виробництво вказаних виробів в Україні практичне відсутнє, у зв'язку з чим вітчизняні виробники широко використовують ЕКБ іноземного виробництва. Ця обставина обумовлює необхідність застосування ЕКБ іноземного виробництва в існуючих системах і комплексах ЗРО для підтримання їх у боєздатному стані.

Зарубіжні стандарти і специфікації, що встановлюють вимоги до іноземної ЕКБ, за якими вона виробляється і застосовується в зарубіжних країнах, істотно відрізняються від діючих в Україні нормативних документів аналогічного призначення. Крім того, в Україні на даний момент не існує національних стандартів, що регламентують порядок вибору і застосування іноземної ЕКБ у виробках військової техніки (ВТ). Виходячи з цього, удосконалення нормативно-правового механізму застосування виробів іноземної ЕКБ для підтримання парку існуючого ЗРО у боєздатному стані є актуальним питанням.

Аналіз літератури показав, що проблема застосування в зразках озброєння і військової техніки (ОВТ) виробів іноземної ЕКБ широко обговорюється в спеціальних науково-технічних виданнях і засобах масової інформації [1–6]. У цих публікаціях відзначається, що в пострадянських країнах склався неблагополучний стан з елементною базою радіоелектронної апаратури зразків ОВТ, що створило ряд складних проблем при їхній експлуатації і модернізації. Зокрема, в [1] відзначається, що проблема елементної бази придбала таку гостроту, що ставить під загрозу забезпечення національної безпеки держави. Це обумовлено тим, що основну частину номенклатури ЕКБ, що використовується у виробках ОВТ, складають інтегральні мікросхеми, головними постачальниками яких є країни зарубіжжя. Для вирішення цієї проблеми за кордоном розробляються і вводяться в дію нові стандарти і нормативні документи, що регулюють порядок використання іноземної ЕКБ при розробці, модернізації і виробництві ОВТ [7–11]. Разом з тим, у відомій науково-технічній літературі відсутні публікації, присвячені вирішенню проблеми застосування виробів іноземної ЕКБ у серійних зразках ОВТ, зокрема в системах і комплексах ЗРО, за якими не здійснюється авторський нагляд.

**Метою** статті є викладення пропозицій щодо механізму застосування виробів іноземної ЕКБ в існуючих системах і комплексах ЗРО, за якими не здійснюється авторський нагляд.

Застосування в існуючих системах і комплексах ЗРО виробів іноземної ЕКБ потребує внесення змін в їхню радіоелектронну апаратуру і в комплекти ЗІП.

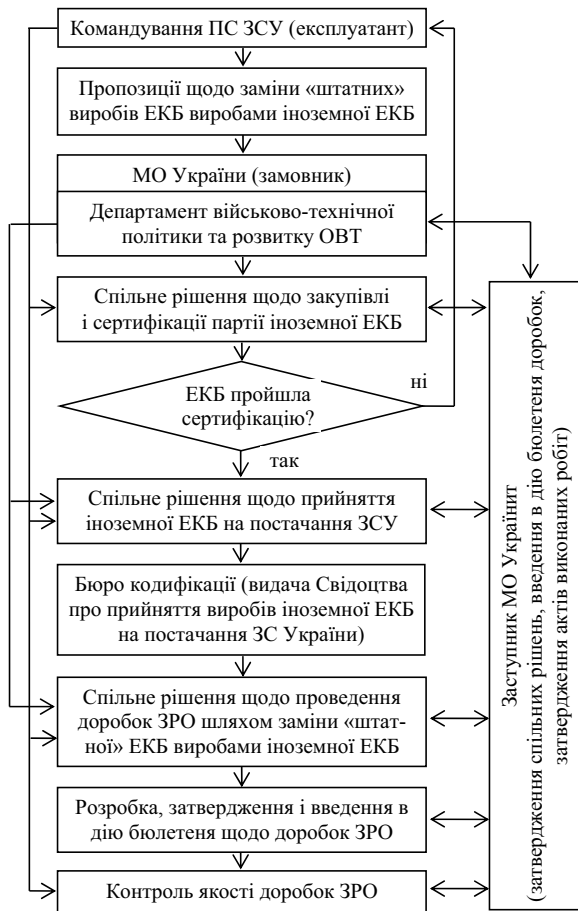


Рис. 1. Схема механізму застосування виробів іноземної ЕКБ в існуючих системах і комплексах ЗРО

При цьому повинні виконуватися переробка друкованих плат під мікросхеми іншої серії, переробка тестів функціонального контролю, корегування експлуатаційної і ремонтної документації. Вказані роботи повинні виконуватися силами підприємств і установ оборонно-промислового комплексу України при участі структурних підрозділів Міністерства оборони (МО) України і Командування Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України. Для забезпечення можливості застосування в існуючих системах і комплексах ЗРО, за якими не здійснюється авторський нагляд, виробів іноземної ЕКБ нормативно-правова база має бути доповнена механізмом, який має визначати порядок застосування іноземної ЕКБ без участі розробників і виробників цих зразків. В основу розробки такого механізму доцільно покласти підхід, який передбачає розподіл функцій, що покладаються стандартами системи розробки і постановки на виробництво ВТ на замовника і розробника ОВТ, між замовником і експлуатантом ЗРО [8]. Схема пропонованого механізму застосування виробів іноземної ЕКБ в існуючих системах і комплексах ЗРО, за якими не здійснюється авторський нагляд, зображена на рис. 1.

Застосування іноземної ЕКБ для підтримання в боеготовому стані парку існуючого ЗРО має здійснюватися

на основі пропозицій, що повинні розроблятися структурними підрозділами Командування ПС ЗС України на підставі аналізу щорічних звітів про технічний стан ЗРО. Ці пропозиції повинні містити:

найменування «штатних» виробів ЕКБ (за кожним типоміналом), потреба у яких не може бути задоволена у зв'язку з відсутністю їх централізованого постачання або неможливості закупівлі на ринку;

результати моніторингу ринку виробів іноземної ЕКБ військового і цивільного призначення з вказанням їх потенційних постачальників;

найменування і технічні характеристики виробів іноземної ЕКБ, що можуть бути застосовані для заміни «штатних» виробів ЕКБ в апаратурі і комплексах ЗП існуючого парку ЗРО;

вимоги за призначенням і параметри моделі факторів зовнішньої дії (ФЗД), яким повинні задовольняти вироби іноземної ЕКБ;

техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування виробів іноземної ЕКБ для заміни гостродефіцитних «штатних» виробів ЕКБ в апаратурі та комплексах ЗП існуючого парку ЗРО;

кількість (за кожним типоміналом) виробів іноземної ЕКБ, необхідних для підтримання боеготовності існуючих систем і комплексів ЗРО;

проекти технічних завдань (ТЗ) на виконання робіт із заміни в апаратурі та комплексах ЗП існуючих систем і комплексів ЗРО гостродефіцитних «штатних» виробів ЕКБ, передбачених конструкторською документацією (КД), визначеними виробами ЕКБ іноземного виробництва;

проекти рішень про відкриття і виконання відповідних робіт.

Розробка технічних вимог до виробів іноземної ЕКБ і параметрів моделі ФЗД має покладатися на структурні підрозділи Командування ПС ЗС України із залученням, за необхідністю, наукового центру Повітряних Сил, а їх узгодження і затвердження здійснюється встановленим порядком.

Технічні вимоги до виробів іноземної ЕКБ повинні містити:

вимоги за призначенням;

вимоги щодо стійкості до впливу механічних і кліматичних факторів;

вимоги щодо стійкості до впливу факторів спеціальної дії (за необхідності);

вимоги з надійності;

вимоги щодо інформаційної безпеки.

Типовий перелік ФЗД наведений в табл. 1. Рівні ФЗД в табл. 1 вказані як максимальні згідно з ГОСТ РВ 20.39.414.1, у зв'язку з чим конкретні значення параметрів ФЗД, яким повинні відповідати вироби іноземної ЕКБ у разі застосування їх у системах ЗРО, повинні уточнюватися в моделі ФЗД на конкретну апаратуру [10].

Для порівняння в табл. 2 наведені параметри ФЗД для ЕКБ рівня якості Military і Space згідно зі стандартом MIL-STD-883 [11].

Таблиця 1. Типовий перелік і значення ФЗД та показників надійності ЕКБ іноземного виробництва згідно із ГОСТ РВ 20.39.414.1

Найменування ФЗД, показники надійності	Найменування характеристик ФЗД, одиниці виміру	Значення ФЗД і показників надійності
Ширококутова випадкова вібрація	діапазон частот, Гц	1...5000
	амплітуда прискорення, g	до 50
	спектральна щільність прискорення, $m^2 \cdot c^{-4} \Gamma c^{-1}$ ( $g^2/\Gamma c$ )	до 50 (0,5)
Синусоїдальна вібрація	діапазон частот, Гц	20...5000
	амплітуда прискорення, g	до 40
	час дії, хв.	от 1
Механічний удар поодинокі дії	пікове ударне прискорення, g	до 3000
	<b>тривалість дії ударного прискорення, мс</b>	0,1...2
Механічний удар багатократної дії	пікове ударне прискорення, g	до 1500
	<b>тривалість дії ударного прискорення, мс</b>	1...15
Акустична дія	діапазон частот, Гц	20...10000
	рівень звукового тиску, дБ	до 175
	тривалість дії, хв.	от 1
Лінійне прискорення	<b>значення лінійного прискорення, g</b>	до 500
	<b>тривалість дії, хв.</b>	от 1
Підвищена температура середовища	максимальне значення при експлуатації, °	до 125
	максимальне значення при транспортуванні і зберіганні, С	до 70
Знижена температура середовища	мінімальне значення при експлуатації, °	до мінус 60
	мінімальне значення при транспортуванні і зберіганні, С	до мінус 60
Зміна температури середовища	<b>діапазон зміни температури середовища, °</b>	мінус 60...плюс 125
Підвищена вологість повітря	<b>температура повітря, °</b>	плюс 35
	відносна вологість, %	до 100
Знижена вологість повітря	<b>точка роси, °</b>	мінус 40
	тривалість дії	за ТЗ
Знижений атмосферний тиск	<b>значення при експлуатації, Па (мм рт. ст.)</b>	до $0,6 \cdot 10^3$ (5)
	значення при авіатранспортуванні, Па (мм рт. ст.)	$1,2 \cdot 10^4$ (90)
Підвищений атмосферний тиск	значення при експлуатації, Па (мм рт. ст.)	$2,95 \cdot 10^5$ (2207)
Зміна тиску	<b>діапазон і швидкість зміни тиску</b>	згідно з ТЗ
Соляний туман	згідно з ГОСТ В 20.57.416	–
Статичний пил (пісок)	верхнє значення концентрації при експлуатації, $г/м^3$	3 $г/м^3$
Динамічний пил (пісок)	верхнє значення концентрації при експлуатації, $г/м^3$	2 $г/м^3$
	верхнє значення швидкості руху часток при експлуатації, м/с	15 м/с
Сонячне випромінювання	<b>верхнє значення інтегральної щільності випромінювання при експлуатації, <math>Вт/м^2</math></b>	1120
	<b>верхнє значення щільності потоку ультрафіолетового випромінювання при експлуатації, <math>Вт/м^2</math></b>	68
Спеціальні чинники	переліки чинників згідно з ГОСТ В20 57.415	–
Експлуатація	термін активного існування, років	згідно з ТЗ
Зберігання	максимальний термін зберігання, років	згідно з ТЗ
Інформаційна безпека	випробування проводяться за окремою програмою	згідно з ТЗ

Пропозиції Командування ПС ЗС України встановленим порядком надаються в Міністерство оборони України, де Департамент військово-технічної політики і розвитку ОВТ у встановлений термін має розглянути надані пропозиції. У разі прийняття позитивного рішення за результатами розгляду наданих пропозицій Департаментом військово-технічної політики і розвитку ОВТ Міністерства оборони України та Командуванням ПС ЗС України приймається Спільне рішення № 1 про закупівлю і проведення сертифікаційних випробувань обмеженої партії виробів

іноземної ЕКБ на відповідність технічним вимогам та параметрам моделі ФЗД. Це Спільне рішення повинне визначати:

найменування системи (комплексу) ЗРО, бойового засобу, функціональної системи, блока і схемного позначення «штатних» виробів ЕКБ, що потребують заміни на сучасні вироби іноземної ЕКБ;

найменування і технічні характеристики виробів іноземної ЕКБ, якими за результатами техніко-економічного обґрунтування пропонується замінити «штатні» вироби ЕКБ;

Таблиця 2. Перелік і рівні ФЗД для ЕКБ іноземного виробництва рівня якості Military і Space за стандартом MIL-STD-883

Найменування ФЗД	Рівні ФЗД за стандартом MIL-STD-883
Синусоїдальна вібрація (чи еквівалентна їй випадкова широкосмугова вібрація): амплітуда прискорення, g діапазон частот, Гц	до 70 5-20000
Механічний удар одиничної дії: пікове ударне прискорення, м/с <sup>2</sup> (g) тривалість дії ударного прискорення, мс	до 3000 (300) від 1,0 до 0,12
Механічний удар багатократної дії: пікове ударне прискорення, м/с <sup>2</sup> (g) тривалість дії ударного прискорення, мс	до 3000 (300) від 1,0 до 0,12
Лінійне прискорення, м/с <sup>2</sup> (g)	до 1250 (125)
Підвищена температура середовища: - робоча, °C - гранична, °C	до +150
Знижена температура середовища: робоча, °C гранична, °C	мінус 65
Знижена вологість: точка роси, °C	до мінус 65

технічні вимоги за функціональним призначенням та стійкості до впливу за моделлю зовнішніх факторів, яким запропоновані вироби ЕКБ іноземного виробництва повинні задовольняти;

підприємство (організацію, установу), яке має закупити контрольну партію виробів ЕКБ іноземного виробництва встановленої номенклатури і пред'явити їх на сертифікаційні випробування;

підприємство (організацію, установу), яке має провести сертифікаційні випробування виробів іноземної ЕКБ на відповідність встановленим вимогам;

термін проведення сертифікаційних випробувань контрольної партії виробів ЕКБ іноземного виробництва та джерело фінансування.

Спільне рішення № 1 щодо закупівлі і проведення сертифікаційних випробувань обмеженої партії виробів іноземної ЕКБ затверджується заступником МО України.

Під сертифікацією розуміється, по-перше, оцінка відповідності виробів іноземної ЕКБ заявленим характеристикам (специфікації, datasheet тощо) і, по-друге, оцінка ЕКБ на відповідність моделі ФЗД у конкретній апаратурі.

Для сертифікації іноземної ЕКБ необхідно провести оцінку супровідних документів (сертифікатів відповідності, звітів про результати випробувань приймально-здавальних, періодичних тощо), отриманих від заводів-виробників разом з конкретними партіями ЕКБ, оцінити достатність наявних супровідних документів для сертифікації за документами, розробити програму сертифікаційних випробувань (при необхідності), провести сертифікаційні випробування, провести оцінку результатів і прийняти рішення про можливість оформлення сертифіката відповідності [12].

Результати сертифікатних випробувань контрольної партії виробів ЕКБ іноземного виробництва надаються в Департамент військово-технічної політики і розвитку

ОВТ МО України. У разі позитивних результатів сертифікатних випробувань контрольної партії виробів ЕКБ іноземного виробництва Департаментом військово-технічної політики та розвитку ОВТ Міністерства оборони України і Командуванням ПС ЗС України приймається Спільне рішення № 2 про прийняття вказаних виробів на постачання ЗС України.

Це спільне рішення повинне визначати:

повне найменування (аббревіатура, скорочена назва, у разі наявності) виробів ЕКБ іноземного виробництва (за кожним типоміналом);

номенклатурний номер виробу за військовим класифікатором ВК 0012000 (за кожним типоміналом);

техніко-експлуатаційні характеристики виробів ЕКБ іноземного виробництва (за кожним типоміналом) та орган військового управління, на який покладаються функції замовника виробу.

Спільне рішення № 2 затверджується заступником Міністра оборони України, на основі якого Бюро кодифікації видає свідоцтво про реєстрацію виробів ЕКБ іноземного виробництва (за кожним типоміналом).

Після прийняття виробів ЕКБ іноземного виробництва на постачання ЗС України Департаментом військово-технічної політики та розвитку ОВТ Міністерства оборони України і Командуванням ПС ЗС України приймається Спільне рішення № 3 про порядок виконання робіт із заміни в апаратурі й комплексах ЗІП ЗРО «штатних» виробів ЕКБ прийнятими на постачання виробами ЕКБ іноземного виробництва, яке затверджується заступником МО України. Це рішення має визначати:

найменування систем (комплексів) ЗРО, що потребують доробки апаратури і корегування комплектів ЗІП шляхом заміни «штатних» виробів ЕКБ прийнятими на постачання виробами ЕКБ іноземного виробництва;

підприємство (організацію, науково-дослідну установу) розробник проекту бюлетеня на виконання робіт із заміни в апаратурі і комплексах ЗІП ЗРО «штатних»

виробів ЕКБ прийнятими на постачання виробами ЕКБ іноземного виробництва;

терміни розробки та видання бюлетеня;

підприємство-виконавець робіт;

науково-дослідна установа ПС ЗС України, на яку покладається функція науково-технічного супроводження робіт із заміни в апаратурі і комплексах ЗІП ЗРО «штатних» виробів ЕКБ виробами ЕКБ іноземного виробництва;

порядок контролю якості виконання робіт.

Це Спільне рішення також затверджується заступником МО України.

Розробка і введення в дію бюлетенів доробок існуючих зенітних ракетних систем (комплексів) здійснюється згідно з вимогами ГОСТ В15.701. Бюлетень узгоджується з усіма зацікавленими організаціями і затверджується командуючим ПС ЗС України. Введення бюлетеня в дію здійснюється розпорядженням заступника Міністра оборони України. Проект розпорядження про введення бюлетеня в дію готується структурними підрозділами Командування ПС ЗС України.

Роботи і заходи із заміни в апаратурі і комплексах ЗІП ЗРО «штатних» виробів ЕКБ прийнятими на постачання виробами ЕКБ іноземного виробництва мають виконуватися за рахунок бюджетних коштів. Надання бюджетних коштів на закупівлю ЕКБ іноземного виробництва і виконання робіт повинно здійснюватися відповідно до встановленого порядку фінансування робіт, включених у державне оборонне замовлення (ДОЗ).

У залежності від обсягу і складності робіт доробка систем і комплексів існуючого парку ЗРО за введеними в дію бюлетенями може здійснюватися на місцях постійної дислокації бригадами військових частин чи бригадами промисловості або в процесі ремонту на ремонтних підприємствах.

Для надання юридичного статусу викладеному механізму застосування виробів іноземної ЕКБ пропонується розробити і ввести в дію «Положення про порядок застосування ЕКБ іноземного виробництва в системах, комплексах і зразках ОВТ та їх складових частинах, за якими не здійснюється авторський нагляд». Цей документ повинен встановлювати управлінський алгоритм, суть якого полягає в необхідності проходження певної дозвільної процедури, що передбачає перевірку обґрунтованості застосування іноземної ЕКБ для забезпечення підтримання ОВТ, за якими не здійснюється авторський нагляд, у боездатному стані, контроль її якості та спеціальну перевірку на «закладки».

У структурному плані положення повинне визначати функції основних учасників робіт;

порядок відбору, техніко-економічного обґрунтування доцільності застосування, прийняття на постачання ЗС України, закупівлі і комплектування експлуатаційних і ремонтних комплектів ЗІП існуючого парку зенітних ракетних систем (комплексів) прийнятими на постачання виробами ЕКБ іноземного виробництва;

організацію і порядок виконання заходів і робіт із заміни в ЗРО окремих гостродефіцитних виробів ЕКБ сучасними аналогами іноземного виробництва з

внесенням відповідних змін в експлуатаційну і ремонтну документацію, зокрема у відомості експлуатаційних і ремонтних комплектів ЗІП;

відповідальність посадових осіб МО України та Командування ПС ЗС України за організацію і виконання зазначених робіт, а також за боездатність систем і комплексів існуючого парку ЗРО.

Крім вказаного положення до складу нормативно-правової бази із застосування виробів іноземної ЕКБ мають також входити документи, що встановлюють:

переліки виробів іноземної ЕКБ, дозволених до застосування у виробках ОВТ;

положення про постачальників іноземної ЕКБ, які мають право купувати на міжнародному ринку і поставляти тільки ті вироби, стосовно яких вони атестовані.

порядок організації і проведення сертифікації виробів іноземної ЕКБ.

**Висновки.** Запропонований механізм застосування іноземної ЕКБ у зразках ЗРО, за якими не здійснюється авторський нагляд, повинний передбачати перерозподіл функцій, що покладаються стандартами системи розробки і постачання на виробництво ВТ на розробників і виробників ОВТ, між замовником і експлуатантом ОВТ. Зокрема, замовник і експлуатант ОВТ у даному випадку повинні обґрунтовувати доцільність застосування в зразках ЗРО виробів іноземної ЕКБ, розробляти і затверджувати технічні вимоги до них, організувати проведення сертифікаційних випробувань на відповідність затвердженим вимогам, приймати їх на постачання ЗС України за результатами випробувань, давати дозвіл на застосування конкретних виробів іноземної ЕКБ у конкретних зразках ЗРО, організувати і контролювати проведення доробок систем і комплексів ЗРО, а також нести відповідальність за безпеку, технічний і боеготовий стан допрацьованих зразків ОВТ.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Заярнюк В. В., Матюхин Д. В., Николаев В. Н., Солломенин Е. А. Управление развитием электронной компонентной базы военного назначения // Вооружение и экономика : электронный журнал. 2012, № 4 (20). С. 56–61.
2. Колганов С. К., Лазаревич Э. Г. Путь к кристаллу // Воздушно-космическая оборона. 2008. № 6 (43). С. 66–73.
3. Кобзарь Д. Процедурные вопросы применения электронных средств в военной технике : нормативная база и правда жизни // Современные технологии автоматизации. 2007. № 3. С. 86–97. URL: <http://www.cta.ru/issues/>.
4. Лазаревич Э. Г., Лисовский В. А. Путь преодоления кризисной ситуации с элементной базой вооружения и военной техники // Наука и военная безопасность. 2009. № 2. С. 30–35. URL: <http://militaryarticle.ru/nauka-i-voennaya-bezopasnost/2009/12075-put-preodolenija-krizisnoj-situacii-s-jelementnoj>.
5. Писаренко О., Бабарыкин В., Щеколдин А., Ендерова А. Военная электроника : обзор нормативной

- базы и практики её применения // Современные технологии автоматизации. 2015. № 3. С. 86–107. URL: <http://www.cta.ru/cms/f/461562.pdf>.
6. Писаренко О., Бабарыкин В., Щеколдин А., Ендерова А., Агафонов А. Бумажная изнанка военной электроники // Современные технологии автоматизации. 2017. № 3. С. 90–111. URL: <http://www.twirpx.com/file/2279214/>.
  7. Чепков І. Б., Ланецький Б. М., Лук'янчук В. В., Ніколаєв І. М. Механізм заміни комплектуючих виробів озброєння та військової техніки сучасними аналогами нової техніки // Наука і оборона. 2012. № 2. С. 54–60.
  8. РЭК 05.0022015. Положение о порядке применения электронной компонентной базы иностранного производства в обеспечение разработки, модернизации и производства образцов вооружения, военной и специальной техники. Основные положения. URL: <http://www.twirpx.com/file/1787800/>.
  9. ГОСТ Р 56649–2015 Техника ракетно-космическая. Электронная компонентная база иностранного производства. Порядок применения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200125988>.
  10. ГОСТ РВ 20.39.414.1–97 Комплексная система общих технических требований. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электро-технические военного назначения. Классификация по условиям применения и требования стойкости к внешним воздействующим факторам. URL: <http://www.twirpx.com/file/957383/>.
  11. MIL-STD-883 Test method standard Microcircuits. URL: <http://scipp.ucsc.edu/groups/fermi/electronics/mil-std-883.pdf>.
  12. Типовая программа входного контроля дополнительных и сертификационных испытаний электро-, радиоизделий иностранного производства уровня качества Military, Space, предназначенных для комплектования радиоэлектронной аппаратуры объекта специального назначения. URL: [www.spels.ru/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid](http://www.spels.ru/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid).

**Рецензент Б. М. Ланецький**, д-р техн. наук, проф.  
(Науковий центр Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба)