

УДК 623.001.51

О.Б. Котов, А.П. Корнієнко, О.Б. Леонт'єв, М.В. Науменко

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків*

## РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВІАЦІЙНИХ КЕРОВАНИХ РАКЕТ КЛАСУ "ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ" НА ВАРТІСТЬ СЕРІЙНОГО ЗРАЗКА

*На основі огляду наявної науково-технічної інформації проведено аналіз ретроспективи розвитку сучасних авіаційних ракет класу "повітря-повітря". Шляхом обробки накопиченого матеріалу визначені тенденції зміни вартості таких ракет при нарощенні значень їх тактико-технічних характеристик. Запропоновано удосконалення методичних підходів щодо прогнозування вартості серійних зразків перспективних керованих ракет.*

**Ключові слова:** вартість серійного зразка, керовані авіаційні ракети, серійний зразок, тактико-технічні характеристики, ефективна дальність пуску.

### Вступ

#### Постановка проблеми та аналіз літератури.

Керовані авіаційні ракети класу "повітря – повітря" (РПП) є одним із основних авіаційних засобів ураження (АЗУ) сучасних і перспективних тактичних винищувачів [1]. Як відомо, ракети цього класу розділяються на РПП малої дальності (ближнього бою), середньої та великої дальності (дальнього повітряного бою). Перший вид РПП характеризується максимальною ефективною дальністю пуску в межах візуальної видимості повітряної цілі, яка сягає приблизно 20 км. РПП середньої дальності мають максимальну ефективну дальність пуску вище 20 км та можуть застосовуватися на дальності до цілі до 120 км. Максимальна ефективна дальність пуску РПП дальнього повітряного бою, яку на цей час досягнуто, складає приблизно 400 км [1]. В останні часи почали з'являтися перехідні види РПП – малої/середньої та середньої/великої дальності пуску [2]. До першої категорії можна віднести ракету типу AIM-7R Sparrow виробництва США або Derby ізраїльського виробництва з максимальною ефективною дальністю пуску, відповідно 45 та 50 км. До другої категорії – РПП типу AMRAAM AIM-120C-8 виробництва США (ефективна дальність пуску сягає 180 км).

Швидкий фізичний та моральний знос наявного авіаційного озброєння, і, особливо РПП, обумовлює необхідність заміни наявного арсеналу АЗУ. При цьому виникає актуальна проблема визначення раціональних шляхів отримання на озброєння новітніх зразків, формування їх тактико-технічного та економічного обрису. В той же час, розв'язання названої проблеми вимагає від дослідників вміння прогнозувати значення основних вартісних показників перспективного зразка, в першу чергу, лімітної вартості серійного зразка. Нагадаємо, що під лімітною вартістю серійного зразка озброєння та військової техніки (ОВТ) розуміється та максимальна вартість

серійного виробу, перевищення якої робить процес створення зразка економічно недоцільним [1].

Наявні методичні підходи до прогнозування вартісних показників як літальних апаратів, так і авіаційних керованих ракет, що застосовуються на практиці в ході до-проектних досліджень (плануванні розвитку, формуванні перспективного обрису, розробці технічної пропозиції тощо), як правило базуються на використанні встановлених зв'язків між вартістю виробу та основними витратами на одиницю його маси в цілому або по агрегатно, а також на використанні інформації про найближчі аналоги (прототипи) [1, 3]. Також відомі підходи, які відпрацьовано після переходу до ринкових взаємовідносин в сфері створення ОВТ, що засновані на визначенні зв'язку вартості серійного виробу зі значеннями узагальнених показників його бойової ефективності, або зі значеннями їх окремих, найвагоміших тактико-технічних характеристик (ТТХ) [4 – 6].

В той же час, впровадження в практику останніх досягнень науково-технічного прогресу, застосування новітніх технологій та матеріалів в конструкції перспективних зразків бойової авіаційної техніки і озброєння, в тому числі РПП, призводить до зміни внеску тих, або інших характеристик виробів у їх вартість, і, як наслідок – до необхідності періодичного перегляду існуючих методичних підходів до прогнозування вартості серійних зразків.

**Метою статті є** визначення сучасних тенденцій зміни вартості серійних ракет класу "повітря-повітря" малої та середньої дальності від зміни значень їх ТТХ та обґрунтування напрямів удосконалення методичних підходів до прогнозування вартості перспективних зразків АЗУ даного виду.

### Основна частина

Вартісні показники сучасних, і особливо, перспективних АЗУ, як правило складають комерційну таємницю та не висвітлюються у відкритих джере-

лах інформації. Іноді в спеціальній літературі та в засобах масової інформації з'являються відокремлені данні щодо обсягів та загальної вартості контрактів, що укладаються на світовому ринку озброєнь. Але аналіз такої інформації чітко визначає суттєву розбіжність таких даних навіть при продажі одних і тих самих типів озброєння. Це обумовлено тим, що інформація про сутність укладених контрактів не розповсюджується, а до загальної ціни окрім самих виробів входить ціна різноманітних послуг – технічне супроводження, навчання спеціалістів, постачання запасних частин тощо. Крім того, при експорті ОВТ технічні властивості виробів, що постачаються на експорт, суттєво відрізняються від тих, що належать виробу відповідного типу, призначеного для використання у власних збройних силах країни-виробника. Тому для проведення аналізу зміни вартості РПП малої та середньої дальності від зміни значень їх ТТХ були обрані вироби однієї країни –

виробника, а вартість одного виробу була визначена з наявних даних про розподіл коштів державного бюджету на закупівлю ракет на потреби власних збройних сил [7 – 9].

Зібрані з доступних джерел науково-технічної інформації [7 – 11] данні про типи РПП виробництва США, та серійні зразки яких постачаються на потреби власних збройних сил наведені в табл. 1. Там же наведені результати обчислення вартості одиниці стартової маси ракети, як показника, що традиційно застосовується для прогнозування вартості серійного зразка.

На рис. 1, у графічному вигляді, показана зміна вартості одиниці маси РПП ( $C_{1m}$ ) в залежності від року запуску її в серійне виробництво та початку постачання у війська ( $T_{cb}$ ). Видно, що вартість одиниці маси ракети на періоді часу з 2000 по 2011 роки зростає приблизно у 5...6 разів та сягнула 12,2 тис. доларів США за кілограм.

Таблиця 1

Основні ТТХ та вартість серійного виробу сучасних РПП виробництва США

Характеристики виробу	Тип РПП						
	AIM-9A Side-winder	AIM-9L Side-winder	AIM-9X Side-winder	AIM-7R Sparrow	AIM-120C-5	AIM-120C-7	AIM-120C-8
Рік запуску у серійне виробництво	1956	1976	2002	1997	1998	2008	2011
Максимальна ефективна дальність пуску, $D_{max}$ , км	11	18	20	45	105	120	180
Число $M$ польоту	2,0	2,5	2,5	3,0	4,0	4,0	4,0
Стартова маса РПП, $m_{ct}$ , кг	75	86	87	230	151	151	151
Вартість поставки однієї ракети у власні ЗС, $C_1$ , тис. \$	15	75	200	165	400	786	1846
Вартість одиниці стартової маси, тис. \$/кг	0,2	0,88	2,3	0,72	2,65	5,2	12,2

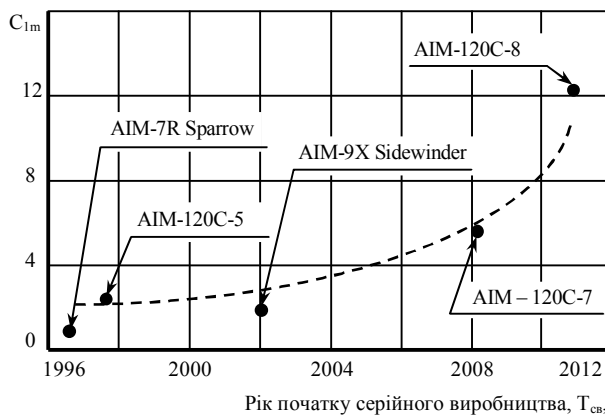


Рис. 1. Залежність вартості одиниці маси РПП (тис. \$/кг) від терміну початку серійного виробництва та постачання у війська

В табл. 2 наведені обчислені данні щодо витрат стартової маси ракети ( $m_{ct}$ ) на досягнення одиниці ефективної дальності пуску ( $D_{max}$ ) для РПП виробництва провідних країн світу, а на рис. 2 – показана, у графічному вигляді, залежність цього показника від часу запуску типів РПП в серійне виробництво та постачання у війська.

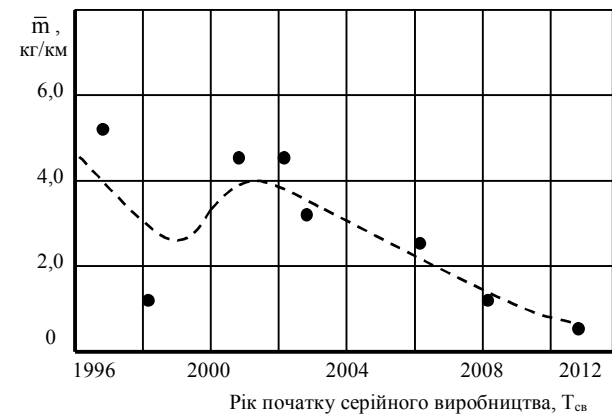


Рис. 2. Залежність витрат маси РПП на один кілометр ефективної дальності пуску від терміну початку серійного виробництва та постачання у війська

Видно, що на початку двадцятого першого століття спостерігалось деяке зростання витрат маси на досягнення певної ефективної дальності пуску РПП, а потім, по мірі удосконалення технологій, спостерігається стійка тенденція до зменшення значення цього показника.

Таблиця 2

## Характеристики сучасних типів РПП виробництва провідних країн світу

Характеристики виробу	Тип РПП							
	AIM-7R Sparrow	AIM-120C-5	AIM-132 ASSRAAM	AIM-9X Sidewinder	IRIS-T	Derby	AIM-120C-7	AIM-120C-8
Рік запуску у серійне виробництво	1997	1998	2001	2002	2003	2006	2008	2011
Максимальна ефективна дальність пуску, $D_{\max}$ , км	45	105	20	20	25	50	120	180
Стартова маса РПП, $m_{\text{ст}}$ , кг	230	151	87	87	87,5	118	151	151
Витрати маси на один км ефективної дальності пуску, кг/км	5,1	1,44	4,35	4,35	3,5	2,36	1,26	0,84

Наведені на рис. 1 та 2 залежності можуть бути наближено описані апроксимуючими трендами виду:

- для вартості маси:

$$\overline{C_{1m}} = C_1/m_{\text{ст}} = 1,385 - 0,313 \cdot \tau + 0,008 \cdot \tau^2, \quad (1)$$

де  $C_1$  – вартість серійного зразка РПП (тис. \$);

$\tau$  – параметр часу, що визначається виразом

$$\tau = T_{\text{св}} - 1955;$$

– для витрат маси на одиницю дальності ефективного пуску:

$$\bar{m} = 97,83 - 3,3 \cdot \tau + 0,028 \cdot \tau^2, \quad (2)$$

де  $\bar{m}$  – витрати маси на одиницю дальності пуску РПП (кг/км), які визначаються за виразом  $\bar{m} = m_{\text{ст}}/D_{\max}$ .

Залежності (1) та (2) описують статистичний матеріал, наведений в табл. 1, 2, наприкінці інтервалу інтерполяції з точністю, відповідно, у 26,7 % та 0,2 % відносної похибки.

Наявність залежностей (1) та (2) дозволяють здійснити прогнозування вартості серійного зразка при заданому значенні ефективної дальності пуску ракети  $D_{\max \text{ задан}}$  за наступною послідовністю розрахунків:

- визначення значення вартості одиниці маси РПП на рік прогнозу за виразом (1) –  $\overline{C_{1m \tau}}$ ;
- визначення за виразом (2) витрат маси ракети на один км ефективної дальності пуску  $\bar{m}_{\tau}$ ;
- визначення прогнозного значення вартості серійного зразка РПП –

$$C_1 = \overline{C_{1m \tau}} \cdot \bar{m}_{\tau} \cdot D_{\max \text{ задан}}. \quad (3)$$

Описана вище методика прогнозування вартості серійного зразка РПП, побудована на використанні традиційних підходів та отриманих трендів, в силу впливу розвитку технологій повинна постійно уточнюватися за часом.

Ретельний аналіз зібраного статистичного матеріалу звертає увагу на наявність залежності вартості серійного зразка РПП від основних ГТХ ракети, наприклад – від значень максимальної ефективної дальності пуску. На рис. 3 наведено таку залежність для ракет виробництва США, характеристики яких наведено в табл. 1. Відповідні значення "вартості" та одиниці ефективної дальності пуску РПП зведені в табл. 3.

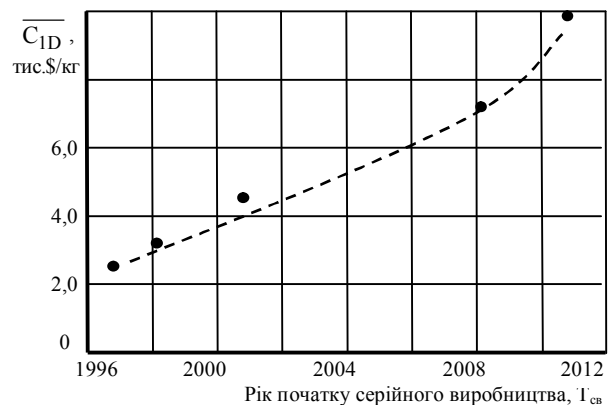


Рис. 3. Залежність вартості одного кілометра ефективної дальності пуску для сучасних РПП

Таблиця 3

## Значення вартості одиниці ефективної дальності пуску сучасних РПП виробництва США

Характеристики виробу	Тип РПП						
	AIM-9A Sidewinder	AIM-9L Sidewinder	AIM-9X Sidewinder	AIM-7R Sparrow	AIM-120C-5	AIM-120C-7	AIM-120C-8
Рік запуску у серійне виробництво	1956	1976	2002	1997	1998	2008	2011
Максимальна ефективна дальність пуску, $D_{\max}$ , км	11	18	20	45	105	120	180
Вартість одиниці ефективної дальності пуску, тис. \$ / км	1,36	4,17	5,0	3,67	3,81	6,55	10,26

Результати перевірки точності описання трендом наявного статистичного матеріалу наведені в табл. 4 та свідчать про придатність даного тренду для використання на практиці.

Прогнозне значення вартості серійного зразка РПП при наявності тренду виду (4) може бути розрахованим шляхом добутку значення максимальної ефективної дальності пуску зразка, що оцінюється на значення вартості одиниці цієї дальності, визначеної за виразом (4) на відповідний момент часу.

Таблиця 4

Результати оцінювання точності тренду виду (4)

Тип РПП	$\overline{C_{1D_{реал}}}$	$\overline{C_{1D_{розра}}}$	$\delta, \%$
AIM-7R Sparrow	3,67	3,818	+4,03
AIM-120C-5	3,81	3,777	-0,86
AIM-9X Sidewinder	5,0	4,329	-13,4
AIM-120C-7	6,55	7,299	+11,4
AIM-120C-8	10,26	9,7482	-4,99

### Висновки

На основі огляду наявного статистичного матеріалу визначені тенденції зміни вартості серійного зразка РПП за часом. Визначено, що за часом спостерігається стійка тенденція до збільшення вартості одиниці маси РПП та вартості одного кілометра ефективної дальності пуску. Навпаки, спостерігається зменшення витрат маси на забезпечення одиниці ефективної дальності пуску.

Побудовано залежності від часу питомих вартісних показників – вартості одиниці маси, витрат маси на одиницю ефективної дальності пуску та вартості одиниці ефективної дальності пуску. Дані залежності дозволяють удосконалити методичний підхід до прогнозування вартості перспективного зразка РПП та розрахувати прогнозні значення вар-

тості серійного зразка на перспективу, а також визначити величину лімітної вартості.

### Список літератури

1. Семенов С.С. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники / С.С. Семенов, В.Н. Харчев, А.И. Иоффин. – М.: Радио и связь, 2004. – 552 с.
2. Состояние и перспективы развития оружия класса "воздух-воздух" для самолетов 5-го поколения : аналитический обзор по материалам зарубежных информационных источников / А.Н. Давыдов, Л.Г. Черных, О.Н. Панкратов, В.А. Чабанов; под ред. Е.А. Федосова. – М.: ГосНИИАС, 2004. – 92 с.
3. И.Н. Методы повышения конкурентоспособности России на рынке вооружений / И.Н. Терещенко // Экспорт вооружений, 2001. – № 2. – С. 22-25.
4. Борцов В.Г. Переход к мировым ценам – один из основных путей совершенствования ценообразования для корректируемых авиационных бомб / В.Г. Борцов, С.С. Семенов; под ред. Е.С. Шахиджанова // Проблемы создания корректируемых и управляемых авиационных бомб. – М.: Инженер, 2003. – С. 520-521.
5. Прогнозирование стоимости авиационных программ // Техническая информация ЦАГИ, 1978. – № 3. – С. 1-17.
6. Демидов Б.А. Методы военно-экономического анализа / Б.А. Демидов. – Х.: ВИРТА ПВО, 1985. – 619 с.
7. Цихош Э. Сверхзвуковые самолеты / Э. Цихош. – М.: Мир, 1983. – 250 с.
8. Ильин В. Зарубежные ракеты "воздух-воздух". Арсенал, 2008. – №2. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusarm.com>.
9. Современная армия. Вооружение, тактика, боевой опыт. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [www.modernarmy.ru/article/367/zakupki-vooruzhenia-mo-ssha](http://www.modernarmy.ru/article/367/zakupki-vooruzhenia-mo-ssha).
10. Модификации РВВ AIM-9 Sidewinder. – Режим доступа: [www.wikipedia.org/wiki/AIM-9\\_Sidewinder](http://www.wikipedia.org/wiki/AIM-9_Sidewinder).
11. Уголок неба. Авиационная энциклопедия. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [www.airwar.ru/weapon/avv/aim9.html](http://www.airwar.ru/weapon/avv/aim9.html).

Надійшла до редколегії 4.08.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, доц. С.А. Калкаманов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВИАЦИОННЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ КЛАССА "ВОЗДУХ-ВОЗДУХ" НА СТОИМОСТЬ СЕРИЙНОГО ОБРАЗЦА

А.Б. Котов, А.П. Корниенко, А.Б. Леонтьев, М.В. Науменко

На основе имеющейся научно-технической информации проведен анализ ретроспективы развития современных авиационных ракет класса "воздух-воздух". Путем обработки накопленного материала определены тенденции изменения стоимости таких ракет при наращивании значений их тактико-технических характеристик. Предложено усовершенствование методического подхода к прогнозированию стоимости серийного образца перспективной управляемой ракеты.

**Ключевые слова:** стоимость серийного образца, управляемые авиационные ракеты, серийный образец, тактико-технические характеристики, эффективная дальность пуска.

### RESULTS OF THE INFLUENCE ANALYSIS OF AIR-TO-AIR GUIDED MISSILES' BASIC PERFORMANCE CHARACTERISTICS ON THE COST OF A PRODUCTION SAMPLE

O.B. Kotov, A.P. Kornienko, O.B. Leontiev, M.V. Naumenko

The analysis of the retrospective development of modern air-to-air missiles was carried out on the basis of available scientific and technical information. Tendencies in the cost of such missiles when improving their performance characteristics are determined by processing the accumulated material. The improvement of methodic approach to forecasting the cost of a perspective guided missile production sample is proposed.

**Keywords:** cost of a production sample, guided air missiles, production sample, performance characteristics, effective launch range.