
УДК 621.396.96

І.В.Коваль, І.І. Сачук, А.А.Шоколовський, В.П.Попов, І.Є. Ряполов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ СВІТОВИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ЗЕНІТНИХ КЕРОВАНИХ РАКЕТ ТА ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ ВІТЧИЗНЯНИХ ЗЕНІТНИХ КЕРОВАНИХ РАКЕТ

Проводиться аналіз основних світових напрямків розвитку зенітних керованих ракет (ЗКР) та технічних реалізацій, які направлені на підвищення ефективності застосування ЗКР. На основі розглянутих напрямків розвитку ЗКР наводяться можливі підходи до створення вітчизняних ЗКР, спроможних вирішувати завдання знищення сучасних і перспективних засобів повітряного нападу.

Ключові слова: *напрямки розвитку ЗКР, комбіновані системи керування, газодинамічні способи, двигунні установки, бойові частини ударно-кінетичної дії, блочно-модульний принцип побудови.*

Вступ

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку засобів повітряного нападу (ЗПН) на даний час

характеризується такими основними світовими тенденціями:

- масованість і скритність дій сучасних і перспективних ЗПН;

- підвищення маневреності і швидкості польоту ЗПН, зокрема, створення гіперзвукових літальних апаратів і крилатих ракет;

- застосування технологій малопомітності при створенні ЗПН;

- широке застосування безпілотних ударних засобів – високоточної ракетної зброї, оперативно-тактичних і тактичних балістичних ракет;

- високі темпи розвитку дистанційних пілотованих літальних апаратів (ДПЛА) різноманітного військового призначення;

- нарощування бойових можливостей засобів постановки перешкод.

На даний час та на перспективу адекватною відповіддю на потужний розвиток ЗПН, тактики їх застосування в повітряних ударних операціях є розробка і виготовлення нових сучасних і перспективних ЗКР, які здатні вести боротьбу проти широкого класу повітряних цілей. Тому в даній статті розглянуті основні світові напрямки розвитку ЗКР та підходи до створення сучасних вітчизняних ЗКР.

Метою статті є розгляд основних світових напрямків розвитку ЗКР та обґрунтування підходів до створення сучасних ЗКР спроможних виконувати завдання боротьби з сучасними і перспективними ЗПН.

Основна частина

Для успішної боротьби з сучасними і перспективними ЗПН на даному етапі і в перспективі необхідним є підвищення рівня ефективності ЗКР. Реалізація цієї вимоги обумовлює наступні світові напрямки розвитку ЗКР:

- розширення діапазону дальностей (10-400км), і висот (0-35км) застосування;

- зменшення масо-габаритних характеристик ЗКР;

- підвищення швидкості (0,2-8М) і маневреності ЗКР,

- скорочення часу на підготовку ЗКР до старту;

- підвищення точності наведення ЗКР;

- вдосконалення двигунних установок ЗКР;

- вдосконалення апаратури управління і стабілізації;

- вдосконалення бойового спорядження ЗКР;

- підвищення надійності ЗКР.

Перелічені світові напрямки розвитку ЗКР реалізуються через конкретні технічні рішення, які втілюються у ЗКР при їх розробці та виготовленні на основі втілення результатів науково-технічного прогресу (НТП). Далі розглядаються ефективні технічні рішення, з конкретними прикладами, застосування яких дозволяє вдосконалити ЗКР з метою боротьби з сучасними і перспективними ЗПН.

Застосування комбінованих систем керування. Сучасні системи керування польотом ЗКР є, як правило, комбінованими і складаються з інерційної

системи керування (ІСК) на більшій (початковій) частині траєкторії польоту та активного (або полуактивного) радіолокаційного самонаведення (з можливим дублюванням наведення за допомогою оптико-електронної головки самонаведення (ГСН)). Таке комбінування дозволяє реалізувати поєднання великої дальності польоту ЗКР з високою точністю її наведення. Крім того, таке керування є більш завадостійким, тому що більшу частину польоту ЗКР керується автономно за допомогою команд керування, які виробляються на її борту.

До складу ІСК входить гіроінерціальний блок (ГІБ) з датчиками кутових швидкостей та лінійних прискорень високої точності [1]. В сучасних ІСК відсутня гіростабілізована платформа з встановленими на ній акселерометрами, внаслідок чого маса такого ГІБ складає може скласти 2-3 кг. Координати ЗКР та її кутові положення в інерціальній системі координат визначаються за допомогою бортової цифрової обчислювальної машини (бортового обчислювача), яка використовує інформацію нерухомо встановлених в ГІБ датчиків лінійних прискорень та датчиків кутових швидкостей. Сучасні ІСК виконують одночасно і функції автопілоту, тобто стабілізації кутового положення ЗКР та відтворення потрібних, у відповідності методу наведення, прискорень. Прикладами застосування автономних ІСК з активним самонаведенням на кінцевому участку польоту є сучасні ЗКР "ERINT" (ЗПК "Patriot"), "Aster-30" (ЗПК "SAMP-T"), 9M96E, 9M96E2 (ЗПК "C-400").

Застосування на кінцевому етапі наведення ЗКР газодинамічних способів створення керуючих сил і моментів. Застосування газодинамічних способів створення керуючих сил і моментів дозволяє надати ЗКР надманевренні властивості, що дозволяє значно зменшити час реакції ЗКР та забезпечити створення великих поперечних переважань на граничних висотах до 20-40 одиниць, в порівнянні з 10-20 одиницями при традиційних аеродинамічних способах створення сил і моментів, забезпечити надточне (впритул до прямого влучення) наведення ракети на ціль та високоефективне застосування її бойового спорядження [1]. Такі способи реалізуються за допомогою газодинамічних пристроїв (двигунів) поперечного керування (ДПК), які призначені для безпосереднього створення поперечних керуючих сил та переважань. ДПК це твердопаливні мікродвигуни, які для утворення керуючих сил і моментів використовують реактивну тягу порохових зарядів твердого палива.

Реалізація надманевреності ЗКР досягається двома способами:

- використання аеродинамічного способу у поєднанні з ДПК або системою ДПК, які винесені відносно центру мас ракети на деяку відстань ("моментне" керування);

- використання аеродинамічного способу у поєднанні з ДПК або системою ДПК, які розташовані поблизу центру мас ракети ("поперечне" керування);

Прикладами застосування ДПК в сучасних ЗКР є:

- імпульсний ДПК касетного типу (ЗКР "ERINT"). Така установка виконана у вигляді касети – корпусу (який є відсіком ЗКР) телескопічної форми з зовнішньою та внутрішньою оболонками з алюмінієвого сплаву. Такий ДПК складається з 10 радіально розташованих кілець по 18 мікродвигунів у кожному, розташованих поза центром мас ЗКР, і забезпечує "моментне" керування ЗКР тобто швидкий вихід ракети на кут атаки для створення бокового перевантаження ракети за рахунок аеродинаміки.

- ДПК з пропорційним регулюванням тяги (ЗКР "Aster-30"). Конструктивно такий ДПК є твердопаливним двигуном-генератором з 4 соплами, які обладнані спеціальними клапанами з приводами. Сопла двигуна знаходяться у середині крил, встановлених на другій ступені ракети поблизу її центру мас. При цьому поперечне перевантаження утворюється комбінованим аерореактивним способом, як за рахунок аеродинаміки так і за рахунок реактивної тяги.

Застосування сучасних радіолокаційних головок самонаведення. На даний час з метою задоволення вимог щодо боротьби з перспективними повітряними цілями більшість сучасних і перспективних ЗКР розробляються за принципом "пустив та забув". Для реалізації цього принципу в ЗКР застосовуються активні радіолокаційні головки самонаведення (АРГС). Перехід на активне радіолокаційне самонаведення на кінцевому участку польоту дозволяє істотно підвищити точність вимірювання координат цілі і, як наслідок, точність наведення та дальність застосування ЗКР.

В сучасних АРГС застосовуються [2]:

- цифрова обробка сигналів, починаючи з першої проміжної частоти у широкій смузі частот;
- високопродуктивні малогабаритні швидкодіючі процесори;
- малогабаритні низковольтні електровакуумні прилади с високим КПД;
- малозумлячі багатоканальні НВЧ-модулі;
- волоконно-оптичні датчики кутової швидкості;
- малогабаритні електродвигуни.

Внаслідок цього такі АРГС мають невеликі габарити і масу (8-15 кг та діаметр 150-350 мм), а також забезпечують супроводження цілі за дальністю, швидкістю та кутовими координатами, режимами роботи без цілевказівки за швидкістю, реалізують алгоритми завадозахисту від завад самоприкриття та зовнішнього прикриття. Прикладом сучасної АРГС, яка реалізує високоточне наведення на ціль з подальшим прямим влученням у відсік бойового наван-

таження балістичних ракет є АРГС міліметрового діапазону ЗКР "ERINT". Така АРГС отримує точну інформацію про ціль на кінцевому участку польоту (міліметровий діапазон хвиль створює "профіль" цілі з визначенням точки прицілювання - відсіку бойового навантаження).

З метою підвищення завадостійкості апаратури самонаведення, а також дублювання каналів отримання інформації про місцеположення цілі на етапі самонаведення є застосування багатодіапазонних головок самонаведення, які функціонують у радіолокаційному та оптико-електронному діапазоні хвиль. Як приклад можна розглядати подальшу модернізацію ЗКР "Aster-30", яка може бути оснащена двохдіапазонною ГСН, що функціонує у радіолокаційному та інфрачервоному діапазоні хвиль.

Застосування сучасних аеродинамічних схем ЗКР та їх різновидів. Як слідує з викладеного вище, на даний час перспективним є застосування в ЗКР газодинамічних способів створення керуючих сил і моментів на кінцевій ділянці польоту ЗКР. Таким чином, аеродинамічні схеми сучасних і перспективних ЗКР є комбінованими (аерогазодинамічними). В таких ЗКР поєднуються можливості по створенню керуючих сил і моментів за рахунок використання аеродинамічних і газодинамічних способів. При цьому найбільш поширеними аеродинамічними схемами, які застосовуються у комбінованих схемах є "нормальна" схема і схема "утка". Прикладами ЗКР зібраних за комбінованою схемою при нормальній аеродинамічній схемі на даний час є ЗКР "ERINT", "Aster-30". Нормальна аеродинамічна схема є переважливою для ракет, які розраховані на максимальну висоту бойового застосування більше 6-10 км і великі дальності польоту.

Прикладами ЗКР зібраних за комбінованою схемою при аеродинамічній схемі "утка" на даний час є ЗКР 9М96Е, 9М96Е2. Застосування схеми "утка" дозволяє використовувати високі маневрені можливості ЗКР на малих висотах польоту (8-10 км) у щільних шарах атмосфери. Застосування газодинамічного способу керування дозволяє надати ЗКР надманевренні можливості на більших висотах бойового застосування у більш розрідженій атмосфері.

Більшість сучасних і перспективних ЗКР середньої і великої дальності проектується як ракети з великими швидкостями польоту ($M \geq 6$). У зв'язку з необхідністю збільшення швидкості польоту ЗКР потрібна площа крил зменшується, а при достатньо великих значеннях швидкісного напору крила відсутні зовсім. В цьому випадку ЗКР має безкрилу аеродинамічну схему, яку можна вважати частковим випадком нормальної аеродинамічної схеми. Під'ємна сила такої ЗКР утворюється в основному корпусом, внаслідок чого вона має назву "схема з несучим корпусом", корпус ЗКР при цьому має ци-

ліндричну форму. Аеродинамічні органи керування рулі-елерони, в такому випадку мають більшу площину і виконують також роль стабілізуючих поверхонь, забезпечуючих необхідний запас статичної стійкості. Застосовуються такі схеми як правило для ракет зі швидкостями польоту $M \leq 6$. Прикладами застосування "схеми з несучим корпусом" є ЗКР 48Н6Е, 48Н6Е-2 (ЗРС С-300ПМУ-2, С-400). схеми "несучий конус" ЗКР 9М83, 9М82 (ЗРС С-300В, С-300ВМ).

В подальшому для швидкостей польоту $M > 6$ перспективним є застосування схеми "несучий конус". При такій схемі корпус має конічну форму з малим (в межах 30°) кутом конусності. Конус забезпечує більш сприятливу зміну статичної стійкості ракети при зростанні числа M в силу більш заднього і стабільного по куту атаки розміщення на конусі центру тиску. Для таких схем значно послаблюється взаємний вплив каналів керування, зменшується вплив вихрив на моменти крену. Конічна форма корпусу дозволяє істотно зменшити площу рулів-елеронів, так як бере на себе функції стабілізуючих поверхонь. Прикладами реалізації такої схеми є ЗКР 9М83, 9М82 (ЗРС С-300В, С-300ВМ).

Застосування ефективних осколочно-фугасних бойових частин направленої дії та бойових частин ударно-кінетичної дії. Осколочно-фугасні бойові частини направленої дії мають значно менші кути розльоту осколків і точну орієнтацію у просторі, внаслідок чого вся основна маса осколків направляється безпосередньо в напрямку цілі. Направлені бойові частини можуть бути декількох типів: поворотні відносно поздовжньої вісі ракети або неповоротні відносно корпусу ракети. При застосуванні неповоротних бойових частин направленість осколочного поля регулюється шляхом повороту ЗКР відносно поздовжньої вісі (ЗКР 9М83, 9М82) або за допомогою формування розльоту осколочного поля у потрібному напрямку шляхом багатоточкового ініціювання заряду вибухової речовини бойової частини (адаптивні бойові частини) (ЗКР 9М96Е, 9М96Е2).

Стрижневі бойові частини є різновидністю бойових частин ударно-кінетичної дії. При застосуванні таких бойових частин повітряна ціль руйнується за рахунок більш сильної ударно-кінетичної дії на відміну від осколочних бойових частин (ЗКР "ERINT").

Застосування досконалих двигунних установок ЗКР. Сучасні і перспективні ЗКР малої та середньої дальності, як правило, розробляються одноступінчастими, стартовий двигун при цьому відсутній. Функції стартового і маршового двигунів об'єднуються в одному розгінно-маршовому двигуні. Такий двигун є однорежимним або дворежимним ракетним двигуном твердого палива (РДТП). В су-

часних РДТП застосовуються тверді палива з високою швидкістю горіння і секундною витратою палива, з високим тиском у камері згорання і підвищеним рівнем тяги. Такі РДТП забезпечують швидкий розгін ЗКР до потрібних швидкостей польоту на початковій ділянці польоту ЗКР і стабільну високу швидкість польоту ЗКР до моменту зустрічі ЗКР з ціллю.

Заряд твердого палива такого двигуна є скріпленим з корпусом зарядом змішаного палива великої щільності з високими енергетичними характеристиками і фізико-механічними параметрами, які забезпечують високу ступінь заповнення камери паливом. Перевагами змішуваних твердих палив є більш високі, у порівнянні із іншими твердими паливами, енергобалістичні характеристики, при слабкій залежності швидкості горіння від тиску всередині камери та початкової температури палива, тривалі строки зберігання, задовільні фізико-механічні характеристики в зоні негативних температур та висока технологічність.

Корпус РДТТ виготовляється з високоміцної сталі, алюмінієвих і титанових сплавів та композиційних матеріалів, які дозволяють знизити масу конструкції РДТТ та ракети в цілому.

З метою збільшення дальності польоту та можливості перехвату цілей на більших висотах досліджуються різні варіанти оснащення ЗКР додатковими прискорювачами. При цьому конструкція маршової частини ЗКР залишається незмінною. Наприклад, такий варіант розглядається для ЗКР "Aster-30", згідно передбаченої програми її поетапної модернізації. Іншим прикладом збільшення дальності перехвату цілей є встановлення дорозгінного двигуна на ракеті SM-3 комплексу протиракетної оборони "Aegis".

Експлуатація ЗКР в ТПК з можливістю забезпечення вертикального старту. Більшість сучасних ЗКР створюються на основі концепції гарантованої надійності. При цьому ЗКР експлуатується у герметичному ТПК і не потребує перевірок та регулювань на протязі всього терміну експлуатації. Експлуатація ЗКР в ТПК має наступні переваги:

- забезпечує тривале зберігання ЗКР в умовах (до 15 і більше років) в потрібних для надійного пуску ракет. Передбачається можливість продовження експлуатації після закінчення гарантійного терміну експлуатації;
- оберігає ракету від пошкоджень при транспортуванні і установці для пуску;
- забезпечує високу боєготовність ракети до пуску без попередніх контрольно-випробних перевірок.

Вертикальний старт ЗКР з ТПК має наступні переваги:

- дозволяє здійснювати пуск ЗУР безпосередньо з контейнера, що скорочує час на підготовку

ракет до пуску і значно підвищує скорострільність комплексу, особливо за наявності на пусковій установці декількох ТПК з готовими до пуску ракетами.

- для старту потрібна менша початкова тягоозброєність ЗКР;

- відсутні обмеження по "зонах заборони" із-за наявності поблизу ЗРК споруд, що дозволяє забезпечувати обстріл цілей, які летять з будь-яких напрямів;

- відсутні складні механізми для розвороту ПУ по азимуту і кутам місця; ущільнюється компоновка ПУ, що дозволяє збільшити кількість ракет ПУ.

В сучасних і перспективних розробках ЗКР при вертикальному старті поширеним є застосування примусового викиду ЗКР з контейнера – "холодного" старту за допомогою або спеціального пристрою – катапульти (катапультний старт) (ЗКР 48Н6Е, 48Н6Е2), або за допомогою порохового акумулятора тиску, який працює на гарячому газі від газогенератора (мінометний старт), який розташовується всередині ТПК (ЗКР 9М83, 9М82). При таких схемах пуску задні днище контейнера може не відкриватися, що зменшує дію гарячих газів на пускову установку. Крім того, наявність подібних ТПК дозволяє без істотних переробок модернізувати комплекси, розміщувати на одній пусковій установці різні за ТТХ ЗКР.

На основі огляду основних світових напрямків розвитку ЗКР та застосованих при цьому технічних рішень, слідує, що центральним напрямком вдосконалення ЗКР на сучасному етапі та в перспективі є підвищення їх ефективності. При створенні сучасних і перспективних вітчизняних ЗКР, спроможних боротися з сучасними і перспективними ЗПН доцільним є застосування таких основних підходів:

- використання прогресивних технічних рішень, які дозволяють адекватно реагувати на розвиток засобів повітряного нападу;

- розвиток і застосування сучасних технологій для створення ЗКР;

- створення уніфікованих ЗКР, побудованих за блочно-модульним принципом;

- забезпечення можливості поетапної модернізації ЗКР, яка направлена на покращення їх тактико-технічних характеристик. При цьому загальне компонування ЗКР може залишатися незмінним.

- забезпечення найкращих експлуатаційних властивостей ЗКР. Створення ЗКР на основі концепції гарантованої надійності.

Висновок

В статті проведений аналіз основних сучасних напрямків розвитку ЗКР, а також технічних рішень, які дозволяють значно підвищити ефективність застосування ЗКР при боротьбі з сучасними та перспективними ЗПН, наведені можливі підходи щодо створення сучасних вітчизняних ЗКР.

Список літератури

1. Проектирование зенитных управляемых ракет / Под ред. И.С. Голубева и В.Г. Светлова. – Изд. второе перераб. и доп. – М.: МАИ, 2001. – 732 с.

2. Воздушно-космическая оборона: журнал [Электронный журнал]. – 2006. – № 3 (28). – Режим доступа: http://www.vko.ru/article.asp?pr_sign=archive.2006.28.04.

3. Неупокоев Ф.К. Стрельба зенитными ракетами / Ф.К. Неупокоев. – М.: Воениздат, 1980. – 294 с.

Надійшла до редколегії 1.03.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Сухаревський, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ МИРОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ЗЕНИТНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ И ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЗЕНИТНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ

И.В. Коваль, И.И. Сачук, А.А. Шоколовский, В.П. Попов, И.Е. Ряполов

Проводится анализ основных мировых направлений развития зенитных управляемых ракет (ЗУР) и технических реализаций, которые направлены на повышение эффективности применения ЗУР. На основе рассмотренных направлений развития ЗКР приведены возможные подходы к созданию отечественных ЗУР, способных решать задание уничтожения современных и перспективных средств воздушного нападения

Ключевые слова: направления развития ЗУР, комбинированные системы управления, газодинамические способы управления, современные двигательные установки, боевые части ударно-кинетического действия, блочно модульный принцип построения.

WORLD DEVELOPMENT DIRECTIONS ANALYSIS OF THE ANTI-AIRCRAFT GUIDED MISSILES AND APPROACHES FOR CREATION OF THE MODERN DOMESTICALLY PRODUCED ANTI-AIRCRAFT GUIDED MISSILES

I.V. Koval, I.I. Sachuk, A.A. Shokolovsky, V.P. Popov, I.E. Ryapolov

The basic world development directions analysis of anti-aircraft guided missiles (AGM) and technical realization is conducted, which are directed for efficiency application increase of AGM. Approaches for creation domestically produced AGM are described, which are based on the considered development directions of AGM and be able to decide a task to destroy modern and perspective air attack means.

Keywords: development directions AGM, combined control systems, gasdynamic control methods, modern engine, battle charges of shock-kinetic action, block module principle of construction.