The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

Military Science. Vol. 3 No. 2 (2025)

DOI: 10.62524/msj.2025.3.2.12

Високоточне авіаційне озброєння класу “повітря – поверхня” провідних країн: стан і тенденції розвитку

Дмитро Соломатін
кандидат військових наук, старший науковий співробітник, начальник відділу
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail:dmit73@ukr.net
ORCID:0009-0009-6864-173X

Андрій Седляр
кандидат військових наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: saa66ua@ukr.net
ORCID: 0009-0008-6816-2459

Вадим Пасічник
кандидат військових наук, провідний науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: wws1@ukr.net
ORCID:0009-0007-6183-2731

Олександр Луцевят
старший науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: lucevyat@i.ua
ORCID:0009-0001-2435-5434

Марина Слюсаренко
кандидат технічних наук, старший дослідник
старший науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: slusarenko.m@gmail.com
ORCID:0000-0003-4165-3908

Сергій Ільницький
науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, Київ, Україна
e-mail: anastx85@icloud.com
ORCID:0009-0009-3000-9034

Анотація. Досвід війн останнього десятиліття та активної фази російсько-української війни, отриманий протягом 2022–2024 років, свідчить про те, що однією з основних рис ведення бойових дій (операцій) на сучасному етапі є завдавання масованих ракетно-авіаційних ударів високоточними балістичними, аеробалістичними та крилатими ракетами, протирадіолокаційними ракетами й керованими авіаційними бомбами, безпілотними літальними апаратами, що зумовлює відповідні зміни у характері ведення збройної боротьби, формах та способах застосування військ (сил). Зважаючи на відсутність сучасного високоточного озброєння вітчизняного виробництва на озброєнні Повітряних Сил Збройних Сил України та обмеження, які накладають партнери щодо застосування наданої високоточної зброї іноземного виробництва, питання щодо розвитку такої зброї набуває особливої актуальності та ваги. Насамперед це стосується зразків озброєння та військової техніки, які здатні забезпечити надійне ураження об'єктів противника в оперативній та оперативно-стратегічній глибині й завдяки цьому відіграють значну роль у досягненні успіху операції (бойових дій). Цим обумовлена актуальність дослідження.

Метою статті є дослідження розвитку високоточного авіаційного озброєння класу "повітря – поверхня" провідних країн світу для боротьби із наземними цілями, а також розгляд стану і тенденцій розвитку цього озброєння.

Основним методом для дослідження зазначених тенденцій є метод аналізу, що дозволяє їх комплексно розглянути та обґрунтувати. Виявлено основні тенденції розвитку високоточного озброєння класу "повітря – поверхня" збройних сил провідних країн світу, що є підґрунтям для подальшого розроблення оперативно-тактичних вимог до перспективних зразків (комплексів, систем) високоточного озброєння Збройних Сил України. Матеріали статті становлять практичну цінність для виробників, які мають досвід розроблення такої зброї.

Ключові слова: високоточне озброєння, засоби ураження класу "повітря – поверхня", оперативно-тактичні вимоги, тенденції розвитку, провідні країни.

Вступ (Introduction)

Постійний розвиток форм і способів застосування військ (сил), надходження на оснащення багатьох армій світу нових, більш ефективних засобів збройної боротьби зумовлюють необхідність впровадження адекватних заходів щодо підтримання бойової могутності Збройних Сил України (ЗС України) за рахунок оновлення наявного парку озброєння та військової техніки (ОВТ). Оновлене озброєння має бути спроможним не тільки ефективно протидіяти сучасним засобам збройної боротьби противника, а й мати відповідний модернізаційний потенціал для забезпечення подальшого нарощування бойових можливостей військ (сил). Забезпечення такої спроможності визначається рівнем розвитку науково-технічного потенціалу держави та її фінансовими можливостями зі створення (закупівлі) систем (комплексів, зразків) ОВТ, характеристики яких мають відповідати певним вимогам.

Обґрунтованість вимог до ОВТ здебільшого визначається повнотою врахування низки факторів, що впливають на їх розроблення. До переліку основних із них належать: застосування систем (комплексів, зразків) ОВТ у сучасних збройних конфліктах, розвиток ОВТ ЗС України, а також основні тенденції розвитку ОВТ провідних країн світу. На наш погляд, відсутність глибокого аналізу будь-якого із цих факторів негативно відбивається на обґрунтованості сформованих вимог до ОВТ і є однією з проблем, яка потребує вирішення. При цьому визначення тенденцій розвитку ОВТ, до переліку яких, зокрема, належить високоточне озброєння класу "повітря – поверхня", є важливим для провідних країн світу.

На підставі результатів проведеного аналізу виявлено останні дослідження та публікації, які стосуються тенденцій розвитку ОВТ.

Аналіз наявного методичного апарату для визначення тенденцій розвитку озброєння та військової техніки розглядається авторами у [1]. Аналіз підходів та методику визначення

пріоритетних тенденцій розвитку систем озброєнь ЗС України наведено у [2].

У роботах (Кравець О. П.), [3] та (Седляр А. А.) [4, 5] здійснено достатньо ґрунтовний аналіз сучасних тенденцій розвитку систем (комплексів, зразків) ОВТ авіації та протиповітряної оборони (ППО) збройних сил передових з воєнного погляду країн світу. Конструктивні особливості, тактико-технічні характеристики та переваги сучасних і перспективних зразків авіаційних керованих засобів ураження малого калібру, а також основні тенденції розвитку цього класу зброї аналізують автори [6]. Аналіз сучасного стану та перспективи розвитку високоточних авіаційних засобів ураження пропонують автори у [7]. У роботі [8] визначено основні напрями розвитку ОВТ авіації та ППО ЗС України.

Детально проаналізовано призначення та характеристики високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” провідних країн світу у [9], [10]. Щодо зарубіжних публікацій, то можна зазначити, що у [11] автор пропонує аналітичний огляд, у якому висвітлено сучасні тенденції розвитку ракетних технологій, які впливають на швидкість та точність ракет і збільшення дальності їх ураження. Автори у [12] розглядають майбутні тенденції ракетного озброєння у системах протиповітряної оборони. Фахівці у [13] пропонують аналітичний матеріал, у якому досліджено перспективи розвитку гіперзвукових ракет та їхній вплив на сучасні військові стратегії. У дослідженні [14] аналізується роль високоточної зброї у повітряних операціях, але не зосереджується увага на тенденціях її розвитку.

Водночас, практично поза увагою авторів цих робіт залишився аналіз основних тенденцій розвитку конкретних систем (комплексів, зразків) ОВТ провідних країн світу як одного із ключових факторів, які слід ураховувати, формуючи вимоги до ОВТ ЗС України.

З огляду на зазначене проведення більш глибокого аналізу стану та тенденцій розвитку високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” збройних сил провідних країн світу є актуальним науковим завданням.

Методологічна основа (Methodological Framework)

Високоточне озброєння класу “повітря – поверхня” продовжує динамічно розвиватися під впливом новітніх технологій, змін у військових доктринах та зростаючих вимог до ефективності бойових дій.

Сьогодні одними із пріоритетних зразків високоточного озброєння збройних сил провідних країн світу є авіаційні керовані засоби ураження класу “повітря – поверхня”, застосування яких не потребує входження літаків-носіїв у зону ППО противника, що дозволяє максимально уникнути ризику їх ураження під час виконання бойових завдань. Досвід ведення збройних конфліктів кінця XX – початку XXI століть та широкомасштабної війни рф проти України свідчить про те, що питома вага такої зброї у повітряних ударах зросла до 90%. Провідні країни світу реалізують програми з удосконалення високоточних засобів ураження з наданням переваги насамперед порівняно недорогим системам. При цьому основні зусилля спрямовуються на підвищення ефективності їх застосування і зменшення витрат на виконання типового завдання. Практичні заходи здійснюються одночасно із проведенням науково-дослідних робіт зі створення новітніх стратегічних і тактичних пілотованих або безпілотних носіїв. Також здійснюються заходи з адаптації наявних зразків літаків до новітніх та перспективних авіаційних засобів ураження.

Високоточні авіаційні керовані засоби ураження класу “повітря – поверхня” з’явилися як варіант більш точного та ефективного застосування некерованих засобів ураження і згодом утворили новий клас високоточної зброї. Розвиток цих засобів зумовлений насамперед завданнями, які на них покладаються у сучасних війнах і війнах майбутнього, та технологічними можливостями розробників. При цьому весь шлях еволюції цих засобів характеризується постійним підвищенням ефективності їх застосування завдяки збільшенню точності, потужності бойових частин, дальності ураження та зниженню ймовірності впливу

противника.

Визначено, що на сучасному етапі перевага надається системам наведення комбінованого типу (інерціальній з коригуванням за даними систем супутникової навігації у комбінації з удосконаленими головками самонаведення, що можуть працювати у декількох діапазонах (радіолокаційному, оптичному, інфрачервоному) залежно від умов, у яких застосовуються).

Проведений аналіз показав, що до основних характеристик сучасних зразків високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” належать: широкий діапазон дальності застосування (від 250 км до 1500 км) та швидкостей польоту (від дозвукових до надзвукових та гіперзвукових); низька ефективна поверхня розсіювання (на рівні 0,01–0,1 м^2); висока точність влучання у ціль (кругове імовірне відхилення до 5 м); достатньо значна вага бойової частини (на рівні 400–500 кг); змінюваність траєкторії польоту (зокрема з огинанням рельєфу місцевості на гранично малих висотах); висока перешкодозахищеність.

Зазначені характеристики зумовлюють достатньо високу ефективність цих зразків високоточного озброєння щодо ураження широкого переліку об’єктів (цілей) (з імовірністю на рівні 0,8–0,98) та подолання системи ППО противника (з імовірністю на рівні 0,95).

Сучасні засоби ураження класу “повітря – поверхня” мають модульність та гнучкість конструкції, що дає можливість здійснювати їхню подальшу модернізацію та адаптацію під широкий спектр виконуваних завдань, забезпечує високу надійність під час зберігання та експлуатації (з гарантійним та призначеним терміном експлуатації не менше 10 та 25 років відповідно), а їхні масогабаритні характеристики відповідають технічним можливостям і конструктивним особливостям літаків-носіїв. При цьому більшість із цих засобів можуть застосовуватися з різноманітних носіїв (винищувачів, бомбардувальників, штурмовиків) включно із транспортними літаками.

Розглянемо більш детально, як відбувається розвиток високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” у провідних країнах світу, що прагнуть досягти технологічної переваги на полі бою, на прикладі США, Китаю, росії, Європи та Ізраїлю (табл. 1).

Таблиця 1. Розвиток високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” у провідних країнах світу

Країни	Основні тенденції	Примітки
США	1. Розвиток гіперзвукових ракет	– **AGM-183A ARRW** – гіперзвукова ракета з дальністю понад 1000 км, розробляється для B-52H; – Програма **HACM** (Hypersonic Attack Cruise Missile) – перспективна гіперзвукова ракета для винищувачів
	2. Удосконалення стелс-технологій	– **AGM-158 JASSM** та її модифікація JASSM-ER (дальність 980 км) мають малопомітний корпус; – **LRASM** – протикорабельна ракета, що може запускатися з літаків
	3. Універсалізація та модульність	– **GBU-53/B StormBreaker** – планерувальна бомба, що може вражати рухомі цілі в будь-яку погоду
	4. Штучний інтелект (ШІ) та автономність	– розвиток **“роєвої тактики”** для взаємодії між високоточними боєприпасами

Продовження таблиці 1. Розвиток високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” у провідних країнах світу

Китай	1. Гіперзвукові технології	– **DF-ZF** (гіперзвуковий планерувальний блок) може бути адаптований для авіаційних платформ
	2. Аналоги американських систем	– **KD-63, KD-88** – аналоги JASSM, мають дальність 200–300 км; – **YJ-12** – потужна надзвукова ракета для боротьби з кораблями
	3. Безпілотні носії озброєння	– Китай активно працює над бойовими дронами-“камікадзе” та розробляє системи рою дронів
росія	1. Гіперзвукові ракети	– **“Кинжал”** – аеробалістична ракета (дальність понад 2000 км), базується на винищувачах МіГ-31К; – розробка **Х-95** – перспективної гіперзвукової ракети
	2. Розширення арсеналу крилатих ракет	– **Х-101/Х-102** – крилаті ракети з дальністю до 5000 км; – оновлення **Х-59МК2** – аналога американського JASSM
	3. Розвиток тактичного озброєння	– керовані авіабомби **КАБ-250/КАБ-500** – аналог JDAM, що використовує супутникове й лазерне наведення
Європа (Франція, Британія, Велика Німеччина)	1. Створення уніфікованих ракет для НАТО	– **Storm Shadow/SCALP-EG** – крилата ракета (дальність 550 км), використовується Британією, Францією, Італією; – **Taurus KEPD 350** (Німеччина) – дальність понад 500 км, розробляється спільно з Іспанією
	2. Безпілотні носії озброєння	– Проєкт **FCAS** (Future Combat Air System) передбачає інтеграцію штучного інтелекту та дронів у бойові операції
	3. Модернізація керованих авіаційних бомб	– Франція та Німеччина активно розвивають **AASM Hammer**, який може запускатися з літаків Rafale
Ізраїль	1. Компактні ракети для тактичної авіації	– **SPIKE N**

Визначимо основні метрики для візуалізації процесу розвитку високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” у провідних країнах світу: основні характеристики (рис. 1 та рис. 4); тенденції розвитку (рис. 2); обсяги коштів, які держави вкладають (рис. 3).

Як видно, сучасні тенденції розвитку високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” провідних країн світу орієнтовані на розширення дальності, впровадження ШІ, підвищення точності та зниження вразливості до засобів протидії. Варто очікувати подальшого розвитку гіперзвукових технологій, збільшення ролі безпілотних платформ та інтеграції боєприпасів у єдині бойові системи.

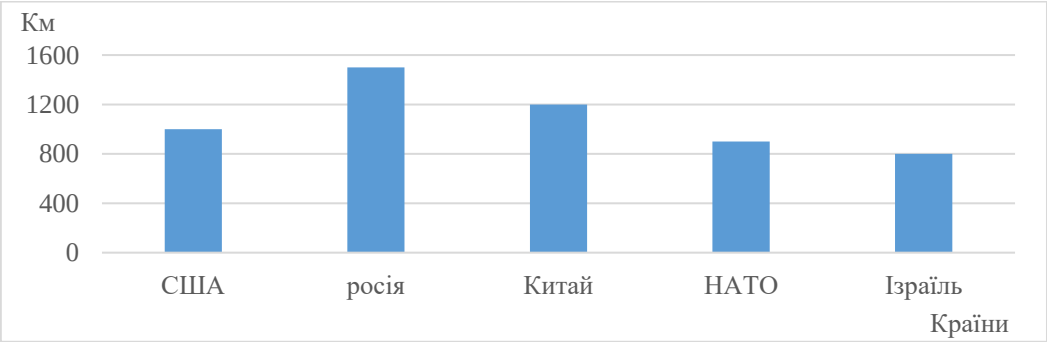


Рисунок 1. Дальність ураження, км

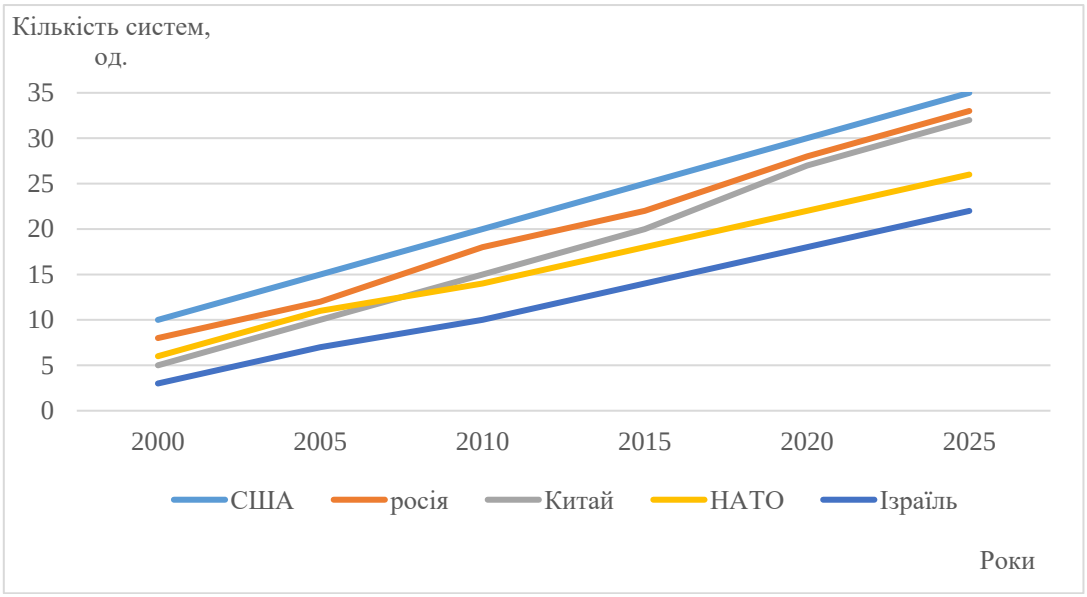


Рисунок 2. Темпи розроблення високоточного озброєння провідних країн світу

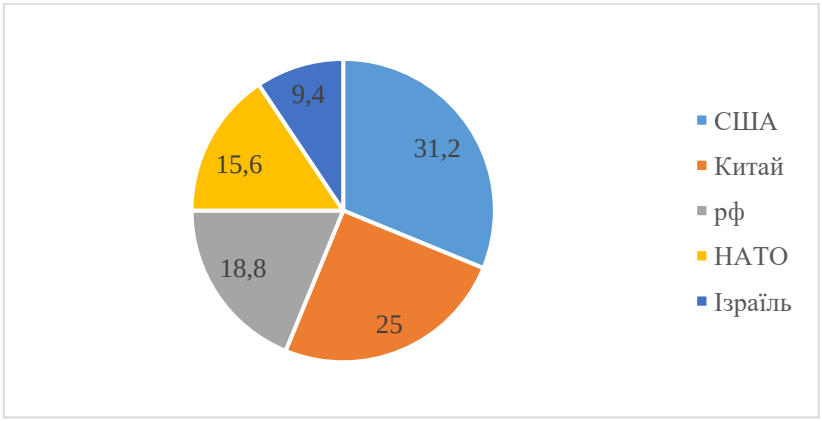


Рисунок 3. Фінансування високоточного озброєння у провідних країнах світу, %

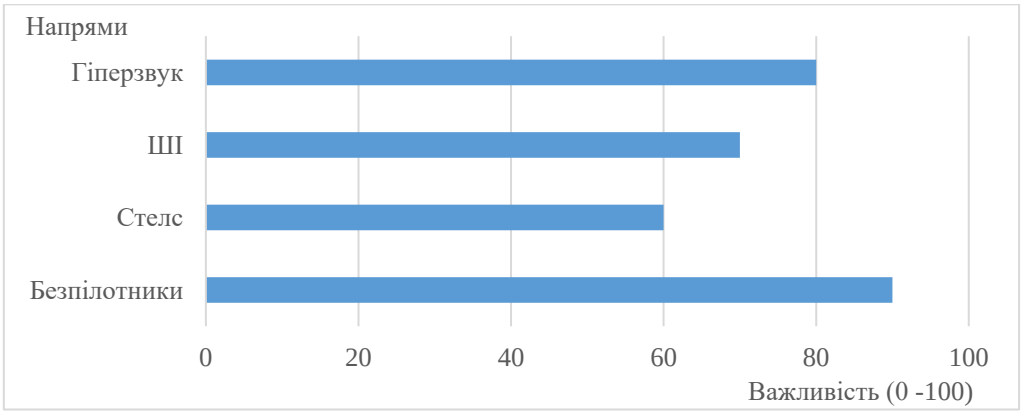


Рисунок 4. Ключові технологічні напрями розвитку високоточного озброєння

За результатами проведеного аналізу визначено, що до основних тенденцій розвитку високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” провідних країн світу належать:

оптимізація аеродинамічних схем, удосконалення систем наведення, бортового обладнання та двигунів для досягнення необхідних показників точності, дальності польоту,

надійності роботи та технологічності;

адаптація керованих засобів ураження під широку номенклатуру носіїв повітряного, наземного та морського базування;

збільшення потужності бойових частин ракет та дальності їхнього польоту за рахунок використання ефективного хімічного складу вибухових речовин та порохів (рідин);

оснащення ракет турбореактивними двигунами та гіперзвуковими прямоточними повітряними реактивними двигунами для забезпечення їхньої надзвукової та гіперзвукової швидкості;

забезпечення можливості використання зовнішніх джерел інформації (насамперед безпілотних літальних апаратів) для уточнення місцеположення об’єктів удару та здійснення цілевказань по них на кінцевій ділянці польоту ракет;

побудова ракет на основі модульної конструкції з відкритою архітектурою для забезпечення можливості встановлення бойових частин різного типу (зокрема касетної бойової частини із самонавідними боєприпасами та бойової частини некінетичної дії);

оснащення ракет сучасними системами навігації (типу DSMAC, TERCOM), які порівнюють завантажені у бортовий комп’ютер цифрові дані про рельєф місцевості з даними від датчиків ракети, що підвищує ефективність їх застосування у цілому;

інтелектуалізація головок самонаведення ракет для забезпечення можливості автоматичного вибору найбільш ефективного каналу (режиму роботи) на кінцевій ділянці траєкторії (залежно від умов бойового застосування та параметрів цілі, що уражається), а також ураження цілей у найменш захищеній зоні й із виконанням маневру, що дозволяє використати весь потенціал бойової частини ракети;

забезпечення електромагнітної сумісності бортової апаратури систем управління ракет для їх спільного застосування з ракетами інших комплексів;

підвищення перешкодозахищеності бортової апаратури систем управління ракет (зокрема за допомогою селекції сигналів, відбитих від хибних цілей (зокрема від дипольних хмар, надувних кутових відбивачів) та використання аперіодичних зондувальних сигналів зі змінюванням частоти за випадковим законом);

зменшення радіолокаційної та теплової помітності завдяки використанню сучасних поглинаючих покриттів;

забезпечення можливості автоматичного вибору висоти польоту на кінцевій ділянці траєкторії польоту залежно від рельєфу місцевості (стану поверхні моря).

Результати (Results)

Авторами з’ясовано, що сучасні тенденції розвитку високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” провідних країн світу орієнтовані на розширення дальності, впровадження ШІ, підвищення точності та зниження вразливості до засобів протидії. У перспективі варто очікувати подальшого розвитку гіперзвукових технологій, збільшення ролі безпілотних платформ та інтеграції боєприпасів у єдині бойові системи.

Під час дослідження тенденцій розвитку високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” також визначено, що на сучасному етапі з’явились уточнені вимоги щодо концепції його застосування. Встановлено, що принцип застосування “вистрілив і забув”, який передбачає повну автоматизацію процесів управління на всіх етапах польоту до цілі, доповнено вимогою щодо забезпечення можливості здійснення контролю за ракетою у процесі польоту та перенацілювання її після пуску за допомогою організації двосторонньої лінії

обміну інформацією з літаком-носієм (або іншим пунктом управління). Ця вимога зумовлена швидкоплинністю змінювання обстановки на полі бою, коли може виникати потреба у призначенні іншої цілі для ураження, а також бажанням операторів та розробників високоточного авіаційного озброєння інтегрувати його в автоматизовану систему керування полем бою та систему ситуаційної обізнаності.

Обговорення (Discussions)

Зацікавленість цією тематикою виявляють дослідники всього світу. Автори у [15] розглядають інтеграцію західних авіаційних засобів ураження, таких як крилаті ракети та керовані бомби, у літаки радянського виробництва (МіГ-29, Су-27, Су-25, Су-24). Дослідження [16] присвячено аналізу трансформації авіаційної техніки ЗС України, зокрема проблемам модернізації та інтеграції сучасного озброєння. Прогноз ринку авіаційних систем озброєння на 2024–2034 роки надається у [17]. Інтеграцію штучного інтелекту в системи озброєння розглядають автори у [18] та [19]. Яким чином РЕБ впливає на високоточну зброю, досліджує автор у [20].

Наступні публікації надають глибоке розуміння поточних розробок і тенденцій у сфері високоточного авіаційного озброєння класу “повітря – поверхня” у Великій Британії та США [21], [22].

Висновки (Conclusion)

Отже, на підставі результатів проведеного аналізу визначено основні тенденції розвитку високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” збройних сил передових з воєнного погляду країн світу. Ці тенденції є одним із ключових факторів, що мають враховуватися під час розроблення вимог до перспективних ОВТ ПС ЗС України для підвищення їхньої обґрунтованості.

Результати зазначеного аналізу підтверджують актуальність подальшого розвитку в нашій державі високоточного озброєння класу “повітря – поверхня” та нарощування його кількості. При цьому одним із пріоритетних напрямів має бути створення високоточних авіаційних керованих ракет, які здатні ефективно уражати наземні (морські) цілі з великих відстаней та можуть запускатися з носіїв поза зонами ураження засобів ППО великої та середньої дальності.

Перспектива подальших досліджень вбачається у визначенні аналогічних тенденцій для ОВТ іншого типу.

Рекомендації (Recommendations)

Матеріали статті становлять практичну цінність для виробників, які мають досвід розроблення такої зброї.

Використані джерела

1. Потьомкін, М. М., Кравець, О. П., & Седляр, А. А. (2021, 24 жовт.). Аналіз існуючого методичного апарату для визначення тенденцій розвитку озброєння та військової техніки. У Зб. мат. постійно діючого наук.-практ. семінару, *Актуальні проблеми будівництва Збройних Сил, їх застосування та всебічного забезпечення. Вип. 2 (31).* (С. 142–151). ЦНДІ ЗС України.
2. 2. Потьомкін, М. М., Кравець, О. П., & Седляр, А. А. (2021). Аналіз підходів до визначення тенденцій розвитку озброєння та військової техніки. *Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України, 4* (99), 177–182.

3. Потьомкін, М. М., Кравець, О. П., Седляр, А. А. (2022). Методика визначення пріоритетних тенденцій розвитку систем озброєнь Збройних Сил України. З*б. наук. пр. ЦНДІ ЗС України, 1* (100), 194–202.
4. *Робочі матеріали НДР шифр "Спеціалізація"* (Етап 1). (2017). ЦНДІ ЗС України.
5. Седляр, А. А. (2021, 20 квіт.). Аналіз світових тенденцій розвитку озброєння та військової техніки авіації та протиповітряної оборони. У Зб. мат. постійно діючого наук.-практ. семінару, *Актуальні проблеми будівництва Збройних Сил, їх застосування та всебічного забезпечення. Вип. 1 (22).* (С. 252–259). ЦНДІ ЗС України.
6. Сєряков, І., Пономарьов, О., & Бабкін, С. (2021). Аналіз тенденцій розвитку авіаційних керованих засобів ураження малого калібру. *Зб. наук. пр. ДНДІА, 17* (24), 153–158. https://znp.dndia.org.ua.
7. Нікітченко, В. І., Кірдей, Л. М., & Гордєєв, С. М. (2019). Аналіз сучасного стану та перспективи високоточних авіаційних засобів ураження. *Зб. наук. пр. Держ. наук.-досл. ін-ту випробувань та сертифікації озброєння та військової техніки, 1* (1), 129–134. https://dndivsovt.com.
8. Потьомкін, М. М., Кравець, О. П., Седляр, А. А., & Соломатін, Д. О. (2019). Основні напрямки розвитку озброєння та військової техніки авіації та протиповітряної оборони Збройних Сил України. *Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України, 4* (90), 210–219.
9. *Звіт про оперативне завдання шифр "Простір"*. (2024). ХНУПС ім. Івана Кожедуба.
10. *Звіт про виконання оперативного завдання шифр "Простір"*. (2024). НУО України.
11. Barrie, D. (2024). Trend sin missile tech no logiest. *Jane's Defence Weekly*. https://www.iiss.org/people/defence-and-military-analysis/douglas-barrie/.
12. Upendra Dwivedi, Dinesh Kumar Tripathi, Singh A. P. Future Trendsin Army Air Defence Systems. *SP's Land Forces*.(2022) https://www.spslandforces.com.
13. *The Future of Hypersonic Missiles. Аналітичний матеріал від TE Connectivity.* (2024). https://www.linkedin.com.
14. Vivek Kapur. (2020). Precision Weaponsin Aerial Warfare. *Дослідження від Institute for Defence Studies and Analyses.* https://idsa.in.
15. Каплюк, О., Гончаренко, Є., Печененко, О., & Чернов, С. (2024). Адаптація літаків тактичної авіації Повітряних Сил ЗСУ для застосування іноземних авіаційних засобів ураження класу "повітря-поверхня". *Повітряна міць України, 1* (6), 63–72. https://sap.nuou.org.ua/article/view/300646.
16. Шостак, В. Г., Пащенко, С. В., Кубарь, С. В., & Мавренков, О. Є. (2024). Розвиток авіаційної техніки авіації Збройних Сил України: ретроспектива та сьогодення, проблеми і шляхи їх розв'язання. *Наука і оборона, 3*, 11–17. https://nio.nuou.org.ua.
17. Fact. MR. (2024). *Airborne weapon systems market forecast 2024–2034.* https://www.factmr.com/report/airborne-weapon-system-market.
18. Kania, E. B. (2019). *The weaponization of AI: Strategic risks and responses. arXiv*. https://arxiv.org/abs/1905.03899.
19. Feldman, P., Dant, A., & Massey, A. (2020). *Integrating Artificial Intelligence into Weapon Systems*. https://arxiv.org/abs/1905.03899.
20. Seldin, M. (2024). Russian electronic warfare keeps beating US precision weapons. *Business Insider*. https://www.businessinsider.com/russian-cheap-electronic-warfare-keeps-beating-us-precision-weapons-2024-4.
21. *Airforce Technology. UK revises SPEAR 3 baseline, to be finalised in 2026*. (2025). https://www.airforce-technology.com/news/uk-revise-spear-3-baseline-to-be-finalised-in-2026/.
22. *Aviacionline. Lockheed Martin introduces AGM-158 XR: the evolution of JASSM-ER, but with longer range*. (2024). https://www.aviacionline.com/lockheed-martin-introduces-agm-158-xr-

the-evolution-of-jassm-er-but-with-longer-range.

References

1. Potemkin, M. M., Kravets, O. P., & Sedlyar, A. A. (2021, October 24). Analysis of the existing methodological apparatus for determining trends in the development of weapons and military equipment. In Proceedings of the permanent scientific and practical seminar, *Actual problems of the construction of the Armed Forces, their application and comprehensive support. Issue 2 (31).* (pp. 142-151). Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine.
2. Potemkin, M. M., Kravets, O. P., & Sedlyar, A. A. (2021). Analysis of approaches to determining trends in the development of weapons and military equipment. *Collection of scientific papers of the Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, 4 (99)*, 177-182.
3. Potemkin, M. M., Kravets, O. P., & Sedlyar, A. A. (2022). Methodology for determining priority trends in the development of weapons systems of the Armed Forces of Ukraine. *Collection of scientific papers of the Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine*, 1 (100), 194-202.
4. *Working materials of the research and development program "Specialization"* (Stage 1). (2017). Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine.
5. Sedlyar, A. A. (2021, April 20). Analysis of world trends in the development of weapons and military equipment of aviation and air defense. In Proceedings of the permanent scientific and practical seminar, *Actual problems of the construction of the Armed Forces, their application and comprehensive support. Issue 1 (22).* (pp. 252-259). Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine.
6. Seriakov, I., Ponomarev, O., & Babkin, S. (2021). Analysis of trends in the development of small-caliber aircraft guided munitions. *Collection of Scientific Papers of the State Research Institute of Air Defense, 17 (24)*, 153-158. https://znp.dndia.org.ua.
7. Nikitchenko, V. I., Kirdey, L. M., & Gordeev, S. M. (2019). Analysis of the current state and prospects of high-precision aviation weapons. *Collection of scientific papers of the State Research Institute for Testing and Certification of Arms and Military Equipment, 1 (1)*, 129-134. https://dndivsovt.com.
8. Potemkin, M. M., Kravets, O. P., Sedlyar, A. A. & Solomatin, D. O. (2019). The main directions of development of weapons and military equipment of aviation and air defense of the Armed Forces of Ukraine. *Collection of scientific papers of the Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, 4 (90)*, 210-219.
9. *Report on the operational task cipher "Space"* (2024). KhNUPS named after Ivan Kozhedub.
10. *Report on the implementation of the operational task cipher "Space"* (2024). National Defense University of Ukraine.
11. Barrie, D. (2024). Trend sin missile tech no logiest. *Jane's Defence Weekly.* https://www.iiss.org/people/defence-and-military-analysis/douglas-barrie/.
12. Upendra Dwivedi, Dinesh Kumar Tripathi, Singh A. P. Future Trendsin Army Air Defence Systems. *SP's Land Forces.*(2022) https://www.spslandforces.com.
13. *The Future of Hypersonic Missiles. Analytical material from TE Connectivity. (2024).* https://www.linkedin.com.
14. Vivek Kapur. (2020). Precision Weaponsin Aerial Warfare. *A study by the Institute for Defense Studies and Analyses.* https://idsa.in.
15. Kapliuk, O., Honcharenko, E., Pechenenko, O., & Chernov, S. (2024). Adaptation of tactical aircraft of the Air Force of Ukraine for the use of foreign air-to-surface weapons. *Air Power of Ukraine*, 1 (6), 63-72. https://sap.nuou.org.ua/article/view/300646.
16. Shostak, V. G., Pashchenko S. V., Kubar, S. V., & Mavrenkov, O. E. (2024). Development of

aviation equipment of the aviation of the Armed Forces of Ukraine: retrospective and present, problems and ways of their solution. *Science and Defense, 3*, 11-17. https://nio.nuou.org.ua.
17. Fact. MR. (2024). *Airborne weapon systems market forecast 2024–2034.* https://www.factmr.com/report/airborne-weapon-system-market.
18. Kania, E. B. (2019). *The weaponization of AI: Strategic risks and responses. arXiv*. https://arxiv.org/abs/1905.03899.
19. Feldman, P., Dant, A., & Massey, A. (2020). *Integrating Artificial Intelligence into Weapon Systems*. https://arxiv.org/abs/1905.03899.
20. Seldin, M. (2024). Russian electronic warfare keeps beating US precision weapons. *Business Insider*. https://www.businessinsider.com/russian-cheap-electronic-warfare-keeps-beating-us-precision-weapons-2024-4.
21. *Airforce Technology. UK revises SPEAR 3 baseline, to be finalised in 2026*. (2025). https://www.airforce-technology.com/news/uk-revise-spear-3-baseline-to-be-finalised-in-2026/.
22. *Aviacionline. Lockheed Martin introduces AGM-158 XR: the evolution of JASSM-ER, but with longer range*. (2024). https://www.aviacionline.com/lockheed-martin-introduces-agm-158-xr-the-evolution-of-jassm-er-but-with-longer-range.

High-precision air-to-surface weapons of leading countries: state of the art and development trends

Dmytro Solomatin
Candidate of Military Science, Senior Researcher
Head of the Division
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh Syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: dmit73@ukr.net
ORCID: 0009-0009-6864-173X

Andrii Sedliar
Candidate of Military Science, Senior Researcher
Leading Research Fellow
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh Syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: saa66ua@ukr.net
ORCID: 0009-0008-6816-2459

Vadim Pasichnyk
Candidate of Military Science
Leading Research Fellow
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh Syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: wws1@ukr.net
ORCID: 0009-0007-6183-2731

Aleksandr Lutsevyat
Senior Researcher
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh Syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: lucevyat@i.ua
ORCID: 0009-0001-2435-5434

Maryna Sliusarenko
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Senior Research Fellow
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh Syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: slusarenko.m@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4165-3908

Serhii Ilnytskyi
Junior Research Fellow
The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine
03049, Povitrianykh Syl avenue, 28 B, Kyiv, Ukraine
e-mail: anastx85@icloud.com
ORCID:0009-0009-3000-9034

Abstract. The experience of the wars of the last decade and the active phase of the Russian-Ukrainian war, gained in 2022-2024, shows that one of the main features of combat operations at the present stage is the infliction of massive missile and air strikes with high-precision ballistic missiles, aeroballistics and cruise missiles, anti-radar missiles and guided aircraft bombs, unmanned aerial vehicles, which leads to corresponding changes in the nature of armed struggle, forms and methods of using troops (forces). Given the absence of modern high-precision weapons of domestic production in the inventory of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine and the restrictions imposed by partners on the use of foreign-made high-precision weapons, the issue of developing such weapons is of particular relevance and importance. First of all, this concerns the types of weapons and military equipment that are capable of providing reliable destruction of enemy targets in operational and operational-strategic depth and thus play a significant role in achieving the success of an operation (combat operations). This determines the relevance of the study.

The article is aimed at studying the development of high-precision air-to-surface weapons of the leading countries of the world for combating ground targets, and the status and trends of development are considered.

The main method for studying these trends is the method of analysis, which allows them to be comprehensively considered and substantiated.

The article identifies the main trends in the development of air-to-surface precision weapons of the armed forces of the world's leading countries, which is the basis for further development of operational and tactical requirements for advanced models (complexes, systems) of precision weapons of the Armed Forces of Ukraine.

The materials of the article are of practical value for manufacturers who have experience in developing such weapons.

Keywords: precision weapons, air-to-surface weapons, operational and tactical requirements, development trends, leading countrie.