

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та
інформації»

Т.В. Писаренко, Т.К. Кваша, О.Ф. Паладченко, І.В. Молчанова

**Перспективні світові наукові та технологічні напрями
досліджень у сфері «Лазерні системи та засоби протидії
ураженню лазерною зброєю»**

Науково-аналітична записка

Київ – 2025

УДК 001; 001.18; 623.4

Автори:

Писаренко Тетяна Василівна, заст. директора з науково-аналітичної роботи
УкрІНТЕІ, кандидат технічних наук,

Кваша Тетяна Костянтинівна, зав. відділу УкрІНТЕІ,

Паладченко Олена Федорівна, зав. сектору УкрІНТЕІ,

Молчанова Ірина Василівна, с. н. с. УкрІНТЕІ

Перспективні світові наукові та технологічні напрями досліджень у сфері «Лазерні системи та засоби протидії ураженню лазерною зброєю»:
науково-аналітична записка / Т.В. Писаренко, Т.К. Кваша, О.Ф. Паладченко,
І.В.Молчанова. – Київ: УкрІНТЕІ, 2025. – 34 с.

Викладено результати дослідження перспективних світових наукових та технологічних напрямів досліджень у сфері «Лазерні системи та засоби протидії ураженню лазерною зброєю» на основі БД Web of Science Core Collection (WoS) та патентної БД Derwent Innovation. Дослідження здійснено з метою можливого врахування отриманих результатів при розробленні та прийнятті відповідних рішень щодо наукових і технологічних напрямів досліджень, технічного переоснащення, модернізації та реформування оборонно-промислового комплексу України.

Розраховано на представників органів державної влади, наукових працівників, інженерних кадрів, викладачів закладів вищої освіти, аспірантів і студентів відповідних спеціальностей.

© МОН України, 2025 ©
УкрІНТЕІ, 2025

© Т. Писаренко, Т. Кваша,
О. Паладченко, І. Молчанова, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	6
2 Лазерні системи	11
2.1 Результати наукометричного аналізу даних міжнародної бази публікацій Web of Science за піднапрямом «Лазерні системи»	11
2.2 Результати патентного аналізу за видом «Лазерні системи» на базі Derwent Innovation	16
3 Засоби протидії ураженню лазерною зброєю	22
3.1 Результати наукометричного аналізу даних міжнародної бази публікацій Web of Science за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю»	22
3.2 Результати патентного аналізу за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» на базі Derwent Innovation	28
ВИСНОВКИ	34

ВСТУП

Для забезпечення науково-технічного та виробничо-технологічного розвитку, технічного переоснащення та модернізації підприємств оборонно-промислового комплексу Кабінет Міністрів України затвердив Перелік критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки. За напрямом «Технології створення засобів ураження та захисту від них» затверджено 5 критичних технологій, серед яких «Технології створення елементної бази лазерних систем та засобів протидії ураженню лазерною зброєю»¹.

Важливим завданням для реалізації критичних технологій за досліджуванним напрямом є дослідження та визначення світових перспективних напрямів з метою їх можливого використання для технічного переоснащення та оновлення виробничої бази з урахуванням новітніх досягнень науково-технічного прогресу та переходу на нові види спеціалізації і організації виробництв; підвищення технологічного рівня створення та виробництва озброєння, військової та спеціальної техніки в оборонно-промисловому комплексі.

Високоенергетичні лазерні системи, які використовують військові, засновані на твердотілих лазерах зі спеціальними кристалами для перетворення вхідної електричної енергії у фотони. Важлива їхня особливість полягає в тому, що частинки світла створюються в інфрачервоній частині електромагнітного спектра і їх не видно людському оку. Тому неможливо побачити, звідки саме стріляє така зброя. На відміну від традиційної зброї, такої як пістолети й гармати, що потребують перезаряджання боєприпасів, лазер може стріляти, поки до нього надходить електрична енергія.

У світі активно розробляють лазерну зброю, вбачаючи в ній дешевшу та не менш ефективну альтернативу ракетам протиповітряної оборони.

Лазерну зброю мають кілька країн, серед яких США, Велика Британія, Ізраїль, Південна Корея та Китай²

Зброя може помічати, відстежувати та знищувати дрони невеликого розміру з низькою швидкістю та висотою польоту самотійно або за командою

¹ Деякі питання розвитку критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 серпня 2017 р. № 600 (в редакції розпорядження Кабінету Міністрів України від 23 лютого 2022 р. № 223-р) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/600-2017-%D1%80#Text>

² Як працює лазерна зброя та що заважає її застосовувати в бою. URL: https://internetua.com/propaluaat-ne-vse-ta-ne-zavjdi-yak-pracuaye-lazerna-zbroya-ta-sxo-zavajaye-yiyi-zastosovuvati-v-boua?utm_source=ukrnet_news

оператора. За допомогою лазерної зброї виробники пропонують захищати штаби, аеропорти, нафтоховища, електростанції, державні кордони, дамби і навіть «важливі військові об'єкти»³.

Для визначення глобальних науково-технологічних трендів за напрямом «Технології створення елементної бази лазерних систем та засобів протидії ураженню лазерною зброєю» проведено наукове дослідження на основі аналізу публікацій у міжнародній базі Web of Science та патентів у міжнародній базі Derwent Innovation за період 2019-2023 рр., які не містять інформацію, що віднесена до державної таємниці, з використанням синтезу наукометричного та патентного аналізу за оновленою методологією порівняно з попередніми дослідженнями^{4,5,6}.

Дослідження глобальних технологічних трендів за напрямом «Технологіями створення елементної бази лазерних систем та засобів протидії ураженню лазерною зброєю» здійснено за видами (піднапрямами): «Лазерні системи» та «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю». Усі рисунки і таблиці розроблено авторами за результатами дослідження.

Визначення глобальних технологічних трендів здійснено з метою можливого врахування отриманих результатів при розробленні та прийнятті відповідних рішень щодо наукових і технологічних напрямів досліджень, технічного переоснащення, модернізації та реформування оборонно-промислового комплексу України.

³ Лазерна зброя в Україні і світі: фантастика, яка стала реальністю. URL: <https://chas.news/current/lazerna-zbroya-v-ukraina-i-sviti-fantastika-yaka-stala-realnistyu>

⁴ Богомазова В.М., Кваша Т.К. Аналіз перспективних світових наукових та технологічних напрямів досліджень за Ціллю сталого розвитку № 9 щодо транспортної сфери з використанням інструментів платформ «Web of Science» та «Derwent Innovation»: науково-аналітична К.: УкрІНТЕІ, 2020. 33 с. URL: <https://mon.gov.ua/nauka/innovatsiyna-diyalnist-ta-transfer-tekhnologiy/analitichni-materiali-2/analitichni-dovidki>

⁵ Оборонно-промисловий комплекс: науково-технологічні тренди : монографія / Т. Писаренко, Т. Кваша, В. Богомазова, О. Паладченко, І. Молчанова, Н. Шабранська, за заг. редакцією Т.В.Писаренко. К.: УкрІНТЕІ, 2023. 318 с. URL: http://www.uin-tei.kiev.ua/sites/default/files/opk_2024.pdf

⁶ Аналіз світових технологічних трендів у військовій сфері / Т Писаренко, Т Кваша, Т Гаврис, та ін. К.: УкрІНТЕІ, 2021. 110 с. DOI: <http://doi.org/10.35668/978-966-479-127-1>

1 МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження – визначити пріоритетні (найбільш перспективні) і перспективні науково-технологічні напрями за піднапрямами «Лазерні системи» та «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю».

Дослідження із визначення пріоритетних і перспективних наукових та технологічних напрямів із означеної тематики було проведено на основі БД Web of Science Core Collection (WoS) (наукові публікації) та патентної БД Derwent Innovation.

Методологія дослідження включає такі етапи:

1. Формування масиву ключових слів

1.1 Ключові слова для дослідження визначаються відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.08.2017 № 600-р «Деякі питання розвитку критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки»⁷ та Єдиного класифікатора предметів постачання⁸ щодо технологій лазерних систем та засобів протидії ураженню лазерною зброєю. Єдиний класифікатор розроблено для використання у сфері оборони і безпеки держави для досягнення максимальної ефективності системи матеріально-технічного і тилового забезпечення та його сумісності з системами логістики НАТО.

1.2 Пошук публікацій у БД Web of Science за відібраними ключовими словами. Аналіз перших 25-30 публікацій із найвищою цитованістю і відбір додаткових ключових слів.

1.3 Пошук кодів у Міжнародній патентній класифікації, що відповідають тематиці лазерних систем та засобів протидії ураженню лазерною зброєю, визначення основних ключових слів.

1.4 Формування остаточного масиву ключових слів шляхом об'єднання всіх ключових слів, знайдених за результатами пошуку ключових слів згідно з пп. 1.1-1.3, та розподіл їх за видами лазерної зброї.

2. Аналіз публікацій на основі БД Web of Science

2.1 Пошук публікацій за всіма ключовими словами кожного виду окремо. Формування масиву публікацій для кожного виду лазерної зброї.

2.2 Формування кінцевого масиву публікацій, який включає всі публікації за всіма видами, аналіз динаміки цих публікацій та їхньої

⁷ Розпорядження від 30.08.2017 № 600-р «Деякі питання розвитку критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/600-2017-%D1%80#Text>

⁸ ДК 020:2016 “Єдиний класифікатор предметів постачання”. URL: https://www.mil.gov.ua/content/standarts/DK_020_2016_zmina_1.pdf

цитованості, визначення переліку передових країн, світових організацій, які є лідерами у наукових дослідженнях за даною тематикою, з використанням інструментів БД Web of Science.

2.3 Аналіз динаміки публікаційної активності, цитованості публікацій за кожним ключовим словом /словосполученням кожного виду окремо. Вважається, що наукові публікації з високим рівнем індексів публікаційної активності та, особливо, цитування мають більший науковий вплив, а індекс цитованості часто використовуються як ознака впливу відповідного напрямку науки.

2.4 Відбір напрямів за найвищими темпами росту публікаційної активності та цитованості публікацій (за темпами публікаційної активності та темпами цитованості більше 100%) за кожним видом лазерної зброї.

2.5 Розподіл кожного масиву публікацій на 4 групи – з найвищими, високими, середніми та невисокими/малими темпами росту публікаційної активності та цитованості (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Класифікація напрямів лазерної зброї за кожним видом

Класифікація та ідентифікація напрямів	Інтервал індексу публікаційної активності	Інтервал індексу цитованості
Лазерні системи		
Пріоритетні (++)	>400%	>1000%
Перспективні (+)	300-399%	500-999%
Середньоперспективні (+-)	150-299%	200-499%
Мало- і неперспективні (-)	<150%	<200%
Засоби протидії ураженню лазерною зброєю		
Пріоритетні (++)	>400%	>1000%
Перспективні (+)	300-399%	500-999%
Середньоперспективні (+-)	150-299%	200-499%
Мало- і неперспективні (-)	<150%	<200%

2.6 Порівняльний аналіз масивів публікацій (п. 2.5) і розроблення переліку пріоритетних і перспективних напрямів наукових досліджень за кожним видом лазерної зброї (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Критерії пріоритетності та перспективності напрямів наукових досліджень

Класифікація напрямів	Класифікація за індексом публікаційної активності	Класифікація за індексом цитованості
Пріоритетні (++)	++	++
	+	++
	++	+
Перспективні (+)	+	+
	+-	++

	++	+-
Середньоперспективні (+-)	+-	+- або +
	+	+-
	-	++
Мало- і неперспективні (-)	Всі інші	Всі інші

3. Аналіз публікацій патентів на основі БД Derwent Innovation

3.1 Вибір опублікованих патентів з використанням кінцевого масиву ключових слів (п. 1) і формування масивів патентів для подальшого аналізу за кожним видом і напрямом окремо та об'єднання їх в єдиний масив.

3.2 Аналіз динаміки патентної активності за об'єднаним масивом: динаміка патентування, у т. ч. за країнами і фірмами – найбільшими патентоволодільцями, визначення топ-10 країн і фірм.

3.3 Трьохетапний аналіз патентної активності за кожним видом і напрямом окремо:

3.3.1 Аналіз динаміки патентування за 5-річний період.

3.3.2 Аналіз ландшафтних карт. Патентний ландшафт – візуалізація результатів патентного пошуку щодо значущих тенденцій і взаємозалежностей у масиві обраної тематики. При патентному картуванні описані в документації технічні рішення відображаються на карті у вигляді ізольованих "островів", які показують окремі напрями дослідницької діяльності, найбільш популярні з яких утворюють великі "материки". Ці острови і материки можуть бути білими, коричневими або зеленими:

білий колір – найбільша насиченість патентами і незначна кількість реєстрації нових патентів (стара область або область уповільнення);

коричневий колір – дещо менша насиченість, нова реєстрація більш активна, але має спадну тенденцію (область уповільнення);

зелений – відбувається активна реєстрація нових патентів (область зростання);

блакитний – нові тематичні області, ще не визначені їх назви. Ці області можуть стати новими перспективними напрямами і областю зростання або відразу перейти в категорію "область уповільнення" чи зникнути з поля зору.

3.3.3 Аналіз наявності відповідних патентів у 10-ти провідних світових патентоволодільців.

3.3.4 Визначення пріоритетних і перспективних технологічних напрямів відповідно до табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Ідентифікація технологічних напрямів за патентним аналізом

Ідентифікація напрямів	Інтервал індексу патентної активності	Положення на ландшафтній карті	Кількість провідних патентоволодільців, які мають відповідні патенти
Пріоритетні (++)	$\geq 300\%$	$\geq 75\%$ патентів розміщені на блакитних і зелених ділянках ландшафтної карти	9-10
Перспективні (+)	≥ 200	50-75% патентів розміщені на блакитних і зелених ділянках ландшафтної карти	6-10
	$\geq 300\%$	$\geq 75\%$ патентів розміщені на блакитних і зелених ділянках ландшафтної карти	6-8
	$\geq 300\%$	50-75% патентів розміщені на блакитних і зелених ділянках ландшафтної карти	9-10
	200-299%	$\geq 75\%$ патентів розміщені на блакитних і зелених ділянках ландшафтної карти	6-10
Середньоперспективні (+-)	200-299%	$\geq 25\%$ патентів розміщені на блакитних і зелених ділянках ландшафтної карти	4-5
	100-199%	$\geq 75\%$ патентів розміщені на блакитних і зелених ділянках ландшафтної карти	6-10
Мало- і неперспективні (-)	$< 100\%$	$< 25\%$ патентів розміщені на блакитних і зелених ділянках ландшафтної карти	< 4

4. Порівняння результатів наукометричного та патентного аналізів і визначення пріоритетних і перспективних науково-технологічних напрямів відповідно до табл. 1.4.

Таблиця 1.4 - Ідентифікація пріоритетних і перспективних науково-технологічних напрямів

Узагальнена ідентифікація	Ідентифікація за Web of Science	Ідентифікація за Derwent Innovation
Пріоритетні (++)	++	++
	+	++
	++	+

Перспективні (+)	+	+
	++	+-
	+-	++
Середньоперспективні (+-)	+-	+-
	+-	+
	+	+-
	-	++
Мало- і неперспективні (-)	Всі інші комбінації	

2 Лазерні системи

2.1 Результати наукометричного аналізу даних міжнародної бази публікацій Web of Science за піднапрямом «Лазерні системи»

За результатами пошуку у міжнародній базі наукових публікацій Web of Science за видом «Лазерні системи» за 2019-2023 роки загалом отримано 6267 публікацій.

Динаміка публікаційної активності за 2019-2023 рр. має позитивний характер. Темп зростання публікацій у 2023 р. порівняно з 2019 р. становив 165,2% (рис. 2.1).

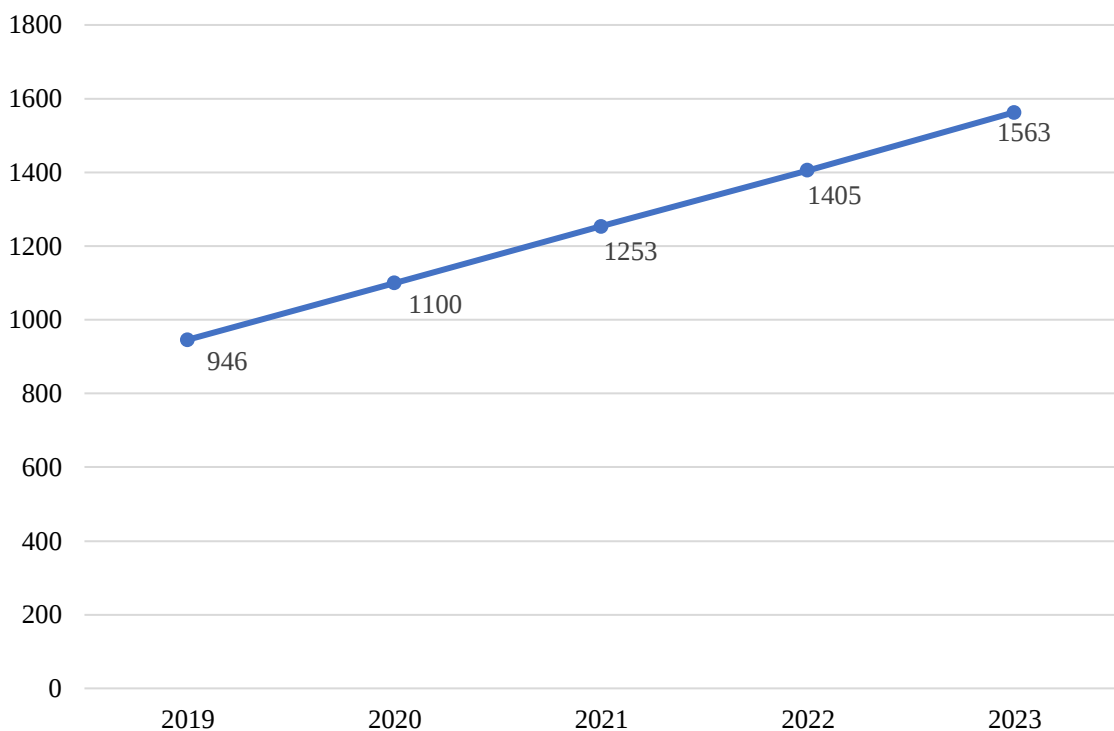


Рис. 2.1 Динаміка кількості публікацій за видом «Лазерні системи» за 2019-2023 рр., од.

Серед Топ-10 країн світу із значним відривом *лідирує* Китай, який має 26,8% публікацій у загальній кількості публікацій за даним піднапрямом, що у 5,3 разу більше порівняно зі США (5,1% публікацій у загальній кількості – 2 позиція), у 14,2 разу – порівняно з Німеччиною (1,9% публікацій у загальній кількості – третя позиція). Решта 7 країн мають від 1,3% публікацій (Республіка Корея – четверта позиція) до 0,6% (Велика Британія – 10 позиція) (рис. 2.2).

Україна займає 91 позицію, маючи за досліджуваним видом зброї 1 або 0,02% публікацій.

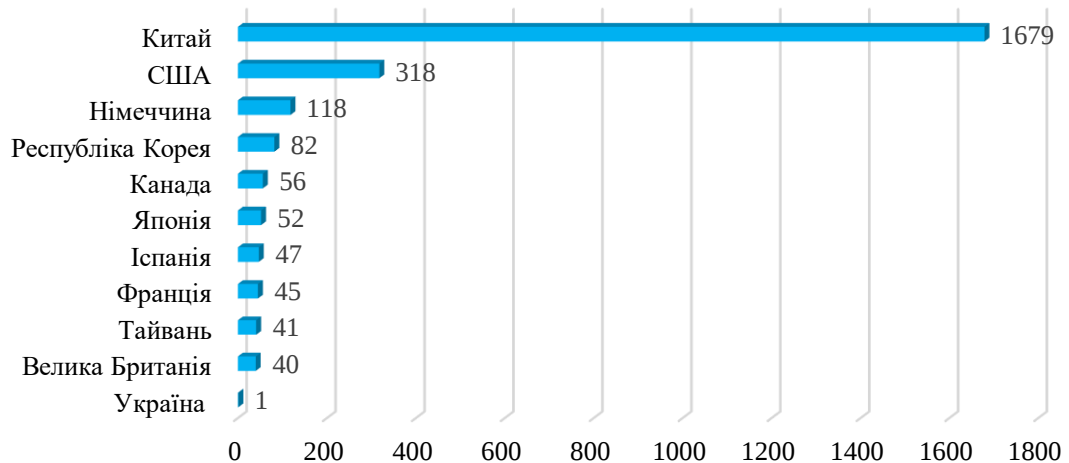


Рис. 2.2 Топ-10 країн світу за кількістю публікацій та Україна за видом «Лазерні системи» за 2019-2023 рр., од.

До Топ-10 організацій світу за кількістю публікацій входять дев'ять організацій Китаю та одна – США (9-а позиція): Університет Китайської академії наук – 1 позиція; Уханський національний університет (Китай); Харбінський політехнічний університет (Китай); Пекінський інститут технологій (Китай); Хефейський інститут фізичних наук Академії наук Китаю; Анхойський інститут оптики та точної механіки Китайської академії наук; Університет науки і технологій Китаю; Шанхайський інститут оптики та точної механіки Китайської академії наук; Національне управління з аеронавтики і дослідження космічного простору (США); Чжецзянський університет (рис. 2.3).

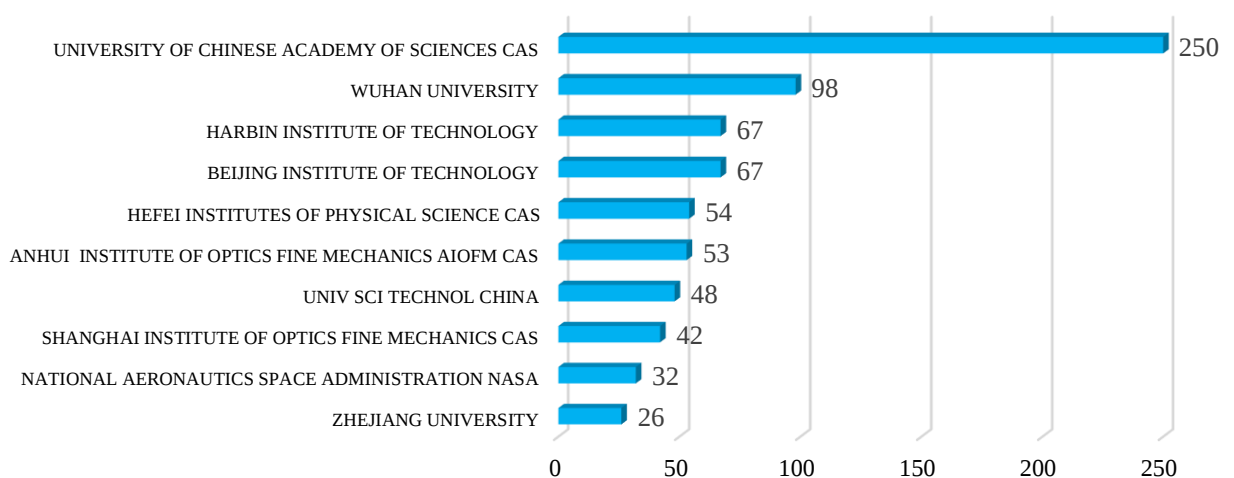


Рис. 2.3 Топ-10 організацій світу за кількістю публікацій за видом «Лазерні системи» у 2019-2023 рр., од.

Кількість цитувань публікацій за піднапрямом «Лазерні системи» за 2019-2023 рр. становить 10211 од. та демонструє позитивну динаміку щорічного стрімкого зростання від 127 у 2019 р. до 4864 публікацій у 2023 році, а частка цитувань у 2023 р. досягла 47,6% у загальній кількості цитувань наукових публікацій за видом «Лазерні системи» за 2019-2023 рр. (рис. 2.4).

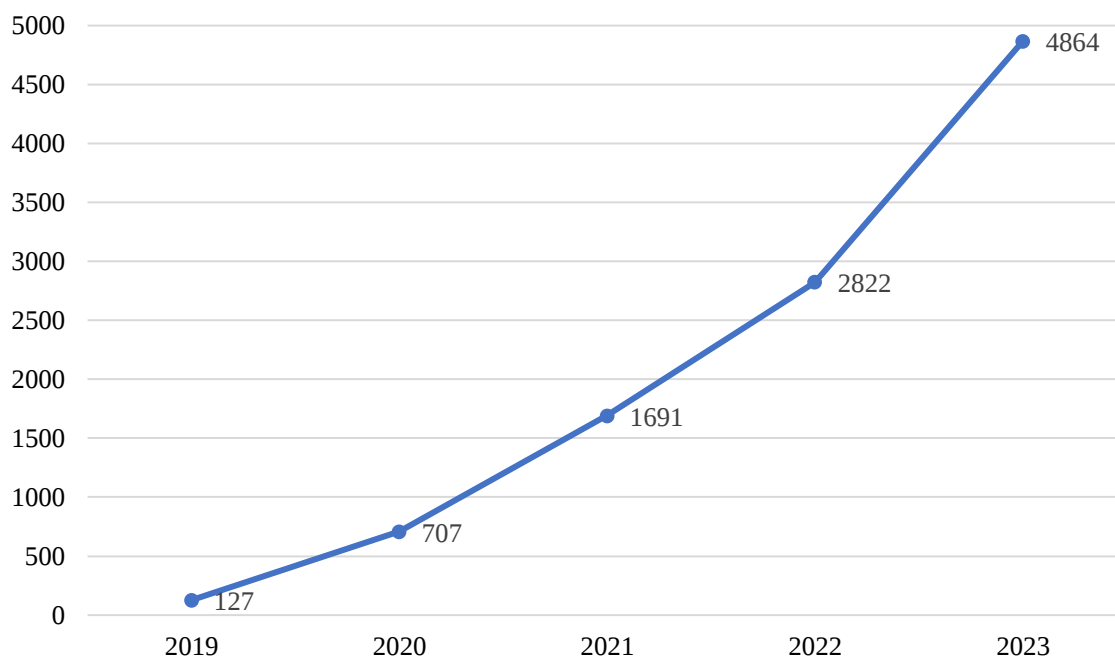


Рис. 2.4 Динаміка кількості цитувань наукових публікацій за видом «Лазерні системи» у 2019-2023 рр., од.

Високі темпи росту публікаційної активності (інтервал $>300,0\%$) мають напрями: системи лідарів (лазерних локаторів); лазерна система високоенергетичної зброї.

Середні темпи росту публікаційної активності (інтервал $150,0-299,0\%$) мають напрями: зброя з лазерним наведенням; лазерна система передачі даних зв'язку; лазерна гармата; система лазерної зброї; лазерна система спостереження; система лазерного наведення для некерованих ракет; лазерна гвинтівка; лазерна система локатора; лазерна система відстеження; лазерна система наведення; бомба з лазерним наведенням;

Невисокі / малі темпи росту публікаційної активності (інтервал $<150,0\%$) мають напрями: лазерна система виявлення; аргонна лазерна гвинтівка; лазерна система навігації (рис. 2.5).



Рис. 2.5 Напрями за темпом публікаційної активності за видом «Лазерні системи» у 2019-2023 рр., %

Високі темпи росту цитування публікацій (інтервал $>500,0\%$) мають напрями: лазерна система виявлення; зброя з лазерним наведенням; система лазерної зброї; лазерна система наведення; лазерна система локатора; системи лідарів (лазерних локаторів); аргонова лазерна гвинтівка; лазерна гармата; лазерна система навігації; лазерна система високоенергетичної зброї; лазерна система передачі даних зв'язку; лазерна система відстеження; лазерна гвинтівка; бомба з лазерним наведенням.

Середні темпи росту цитування публікацій (інтервал $200,0-499,0\%$) мають напрями: лазерна система спостереження; система лазерного наведення для некерованих ракет (рис. 2.6).



Рис. 2.6 Напрями за темпом цитування публікацій за видом «Лазерні системи» у 2019-2023 рр., %

У табл. 2.1 наведені зведені індекси публікаційної активності та цитованості за видом «Лазерні системи».

Таблиця 2.1 – Зведені дані напрямів за видом «Лазерні системи»

Назва напрямів	Індекс публікаційної активності	Індекс цитованості
Системи лідарів (лазерних локаторів)	394,1% (+)	2817,2% (++)
Лазерна система високоенергетичної зброї	300,0% (+)	800,0% (+)
Зброя з лазерним наведенням	260,0% (+-)	5000,0% (++)
Лазерна система передачі даних зв'язку	240,0% (+-)	775,0% (+)
Лазерна гармата	239,0% (+-)	2700,0% (++)
Система лазерної зброї	237,5% (+-)	4400,0% (++)
Лазерна система спостереження	200,0% (+-)	200,0% (+-)
Система лазерного наведення для некерованих ракет	200,0% (+-)	200,0% (+-)
Лазерна гвинтівка	200,0% (+-)	600,0% (+)
Лазерна система локатора	192,4% (+-)	3700,0% (++)
Лазерна система відстеження	181,8% (+-)	700,0% (+)
Лазерна система наведення	166,7% (+-)	3900,0% (++)
Бомба з лазерним наведенням	150,0% (+-)	500,0% (+)
Лазерна система виявлення	148,6% (-)	9800,0% (++)
Аргонова лазерна гвинтівка	140,0% (-)	2800,0% (++)
Лазерна система навігації	111,1% (-)	1000,0% (++)

Шляхом порівняльного аналізу індексів публікаційної активності та цитованості масивів публікацій виокремлено перелік пріоритетних і перспективних напрямів наукових досліджень за видом «Лазерні системи» (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Перелік пріоритетних і перспективних напрямів наукових досліджень за видом «Лазерні системи»

Класифікація напрямів	Класифікація за індексом публікаційної активності	Класифікація за індексом цитованості
Пріоритетні (++)		
Системи лідарів (лазерних локаторів)	+	++
Перспективні (+)		
Лазерна система високоенергетичної зброї	+	+
Зброя з лазерним наведенням	+/-	++
Система лазерної зброї	+/-	++
Лазерна гармата	+/-	++
Лазерна система локатора	+/-	++
Лазерна система наведення	+/-	++
Середньоперспективні (+-)		
Лазерна система спостереження	+/-	+/-
Система лазерного наведення для некерованих ракет	+/-	+/-

Класифікація напрямів	Класифікація за індексом публікаційної активності	Класифікація за індексом цитованості
Лазерна система передачі даних зв'язку	+-	+
Лазерна гвинтівка	+-	+
Лазерна система відстеження	+-	+
Бомба з лазерним наведенням	+-	+
Аргонова лазерна гвинтівка	-	++
Лазерна система виявлення	-	++
Лазерна система навігації	-	++

Пріоритетним є напрям «системи лідарів (лазерних локаторів), а *перспективні* напрями – «лазерна система високоенергетичної зброї», «зброя з лазерним наведенням», «система лазерної зброї», «лазерна гармата», «лазерна система локатора», «лазерна система наведення».

2.2 Результати патентного аналізу за видом «Лазерні системи» на базі Derwent Innovation

За видом «Лазерні системи» в системі Derwent Innovation знайдено 1462 патенти (2019-2023 рр.). Динаміка патентної активності демонструє зростання за цей період. Темп зростання патентів у 2023 р. порівняно з 2019 р. становив 201,8% (рис. 2.7).

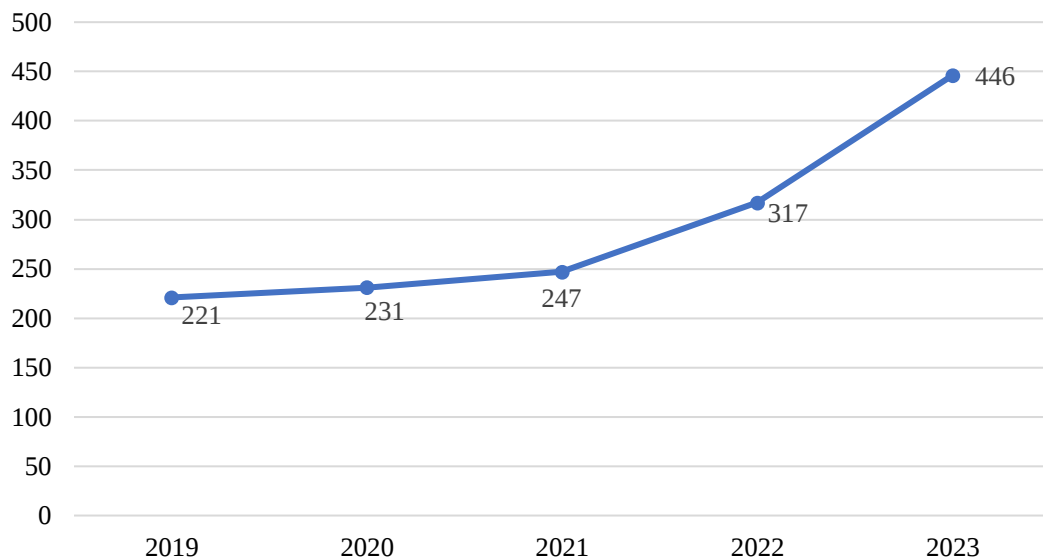


Рис. 2.7 Динаміка кількості патентів за видом «Лазерні системи» у 2019-2023 рр., од.

Найбільшу кількість патентів мають Китай (55,7%), США (27,7%) і Республіка Корея (5,5%). Україна займає 14 позицію з кількістю патентів 2 од. або 0,1% (рис. 2.8).

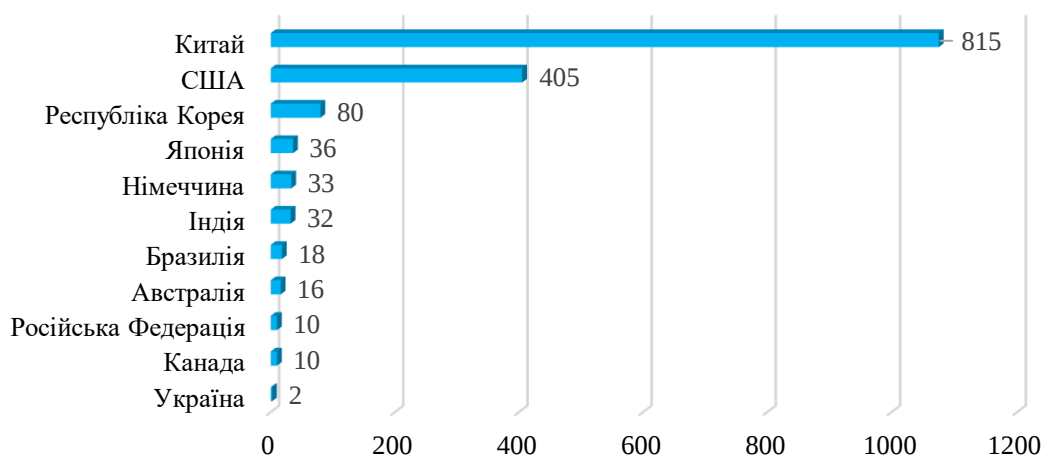


Рис. 2.8 Топ 10 країн – патентоволодільців та Україна за кількістю патентів за видом «Лазерні системи», од.

За результатами проведеного аналізу встановлені провідні у світі компанії-патентоволодільці: BOEING CO (США); NVIDIA CORP (США); OUSTER INC (США); SCIENCE HOUSE LLC (Австралія); Пекінський технологічний інститут (Китай); Нанкінський університет науки і технологій (Китай); KYOCERA SLD LASER INC (США); Харбінський технологічний інститут (Китай); STONE AEROSPACE INC (США); MIDDLE CHART LLC (США) (рис. 2.9):

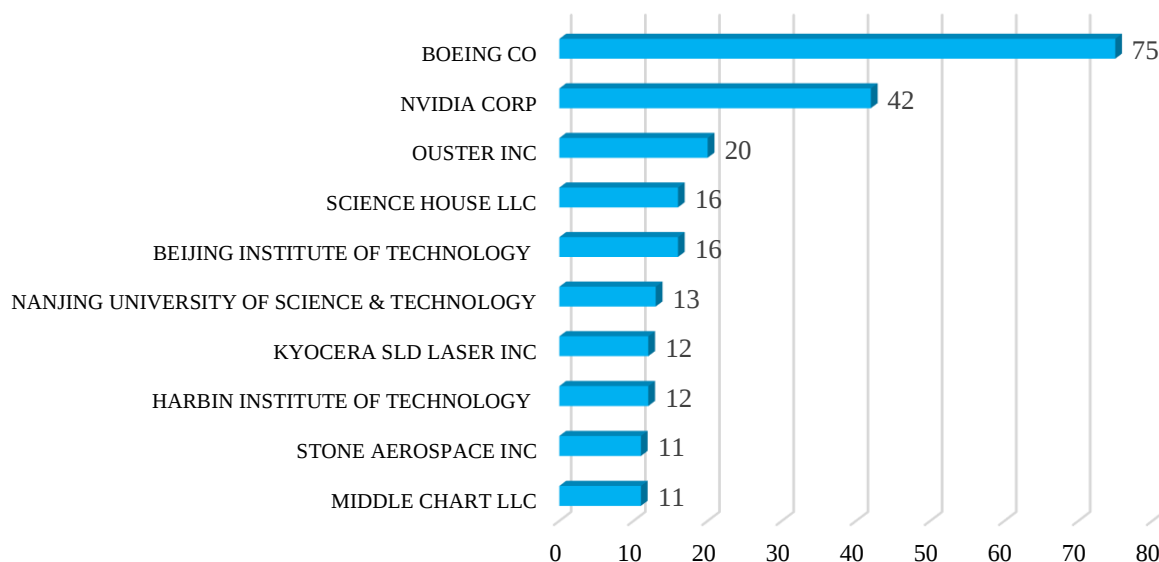


Рис. 2.9 Топ-10 компаній–патентоволодільців за кількістю патентів за видом «Лазерні системи», од.

Патентний аналіз ключових слів за видом «Лазерні системи» виявив технологічні напрями з найвищими, високими та середніми темпами патентування:

– найвищі темпи (інтервал $\geq 300\%$): розвідувальна інформація, отримана від лазерних систем; лазерна система високоенергетичної зброї; лазерна система цілевказівки; системи лідарів (лазерних локаторів); лазерна гвинтівка; система лазерного наведення для некерованих ракет;

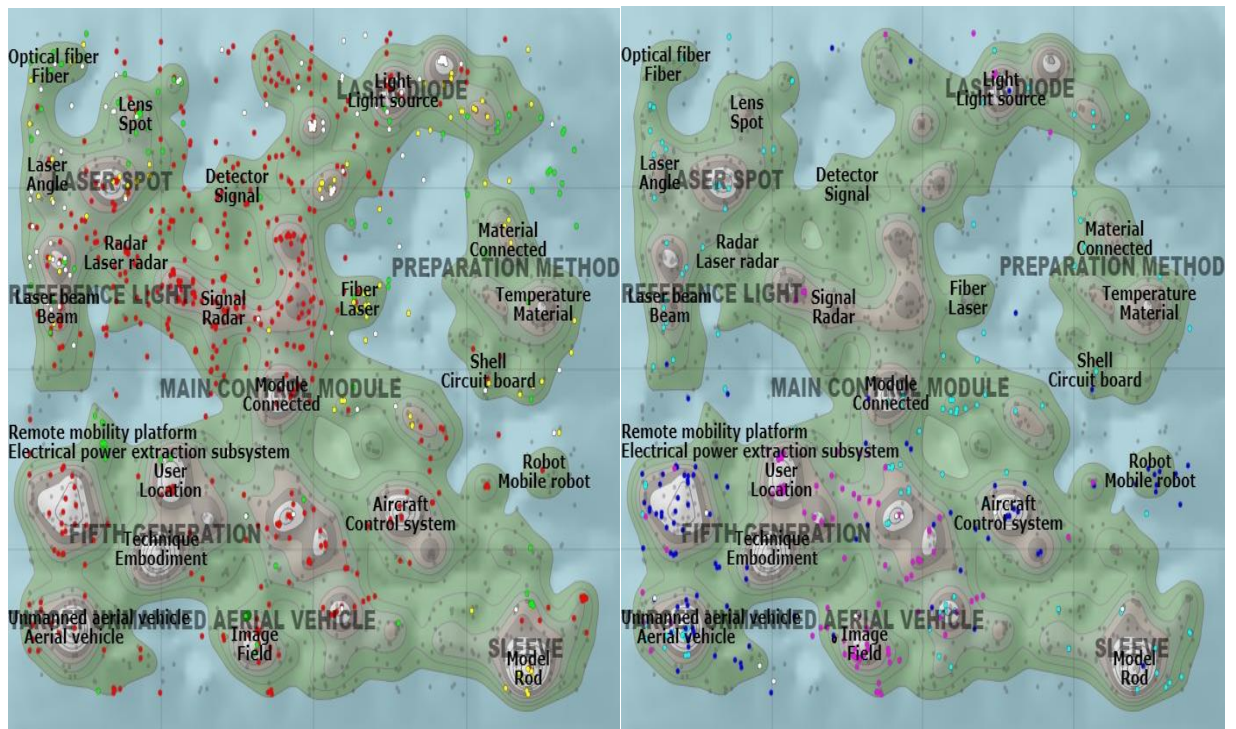
– високі темпи (інтервал 200,0-299,0%): лазерна система локатора; лазерна система відстеження; бомба з лазерним наведенням; зброя з лазерним наведенням; лазерна система спостереження; лазерна система передачі даних (зв'язку);

– середні темпи (інтервал 100,0-199,0%): лазерна система виявлення; система лазерної зброї; лазерна гармата; лазерна система навігації; аргонна лазерна гвинтівка; лазерна система наведення (рис. 2.10).



**Рис. 2.10 Технологічні напрями за видом «Лазерні системи»
за темпом зростання патентів у 2019-2023 рр., %**

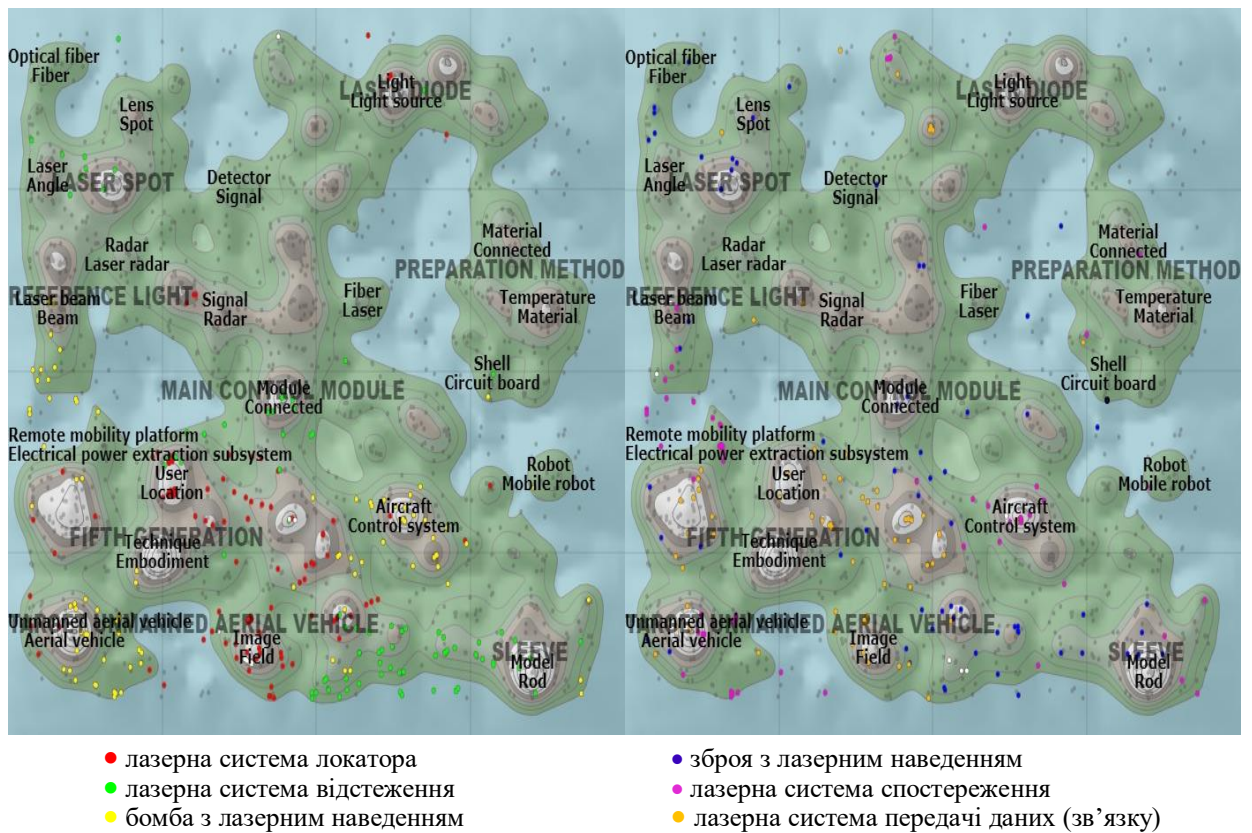
На ландшафтній карті відзначено положення напрямів з найвищими і високими темпами патентування за видом «Лазерні системи» (рис. 2.11).



Примітка:

- розвідувальна інформація, отримана від лазерних систем
- лазерна система високоенергетичної зброї
- лазерна система цілевказівки

- системи лідарів (лазерних локаторів)
- лазерна гвинтівка
- система лазерного наведення для некерованих ракет



- лазерна система локатора
- лазерна система відстеження
- бомба з лазерним наведенням

- зброя з лазерним наведенням
- лазерна система спостереження
- лазерна система передачі даних (зв'язку)

Рис. 2.11 Ландшафтна карта напрямів з найвищими і високими темпами патентування за видом «Лазерні системи»

Зведені дані за технологічними напрямками виду «Лазерні системи» наведено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Ідентифікація технологічних напрямів за патентним аналізом виду «Лазерні системи»

Ідентифікація напрямів	Інтервал індексу патентної активності	Положення на ландшафтній карті	Кількість провідних патентоволодільців, які мають відповідні патенти
Розвідувальна інформація, отримана від лазерних систем (++)	1250,0%	>75%	10
Лазерна система високоенергетичної зброї (++)	800,0%	>75%	10
Лазерна система цілевказівки (++)	400,0%	>75%	9
Системи лідарів (лазерних локаторів) (++)	394,1%	>75%	9
Лазерна гвинтівка (++)	375,0%	>75%	9
Система лазерного наведення для некерованих ракет (++)	300,0%	>75%	9
Лазерна система локатора (+)	284,5%	50-75%	8
Лазерна система відстеження (+)	237,5%	50-75%	8
Бомба з лазерним наведенням (+)	200,0%	50-75%	7
Зброя з лазерним наведенням (+)	200,0%	50-75%	7
Лазерна система спостереження (+)	200,0%	50-75%	7
Лазерна система передачі даних (зв'язку) (+)	200,0%	50-75%	7
Лазерна система виявлення (+-)	195,7%	>75%	7
Система лазерної зброї (+-)	188,9%	>75%	7
Лазерна гармата (+-)	177,2%	>75%	7
Лазерна система навігації (+-)	175,9%	>75%	6
Аргонова лазерна гвинтівка (+-)	171,4%	>75%	6
Лазерна система наведення (+-)	155,3%	>75%	6

Результати порівняння наукометричного та патентного аналізів за напрямом «Лазерні системи» наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Ідентифікація пріоритетних і перспективних науково-технологічних напрямів за видом «Лазерні системи»

Узагальнена ідентифікація	Ідентифікація за WoS	Ідентифікація за Derwent Innovation
Пріоритетні (++)		
Системи лідарів (лазерних локаторів)	++	++
Лазерна система високоенергетичної зброї	+	++
Перспективні (+)		
Лазерна система локатора	+	+
Зброя з лазерним наведенням	+	+
Лазерна гвинтівка	+-	++
Система лазерного наведення для некерованих ракет	+-	++
Середньоперспективні (+-)		
Лазерна система виявлення	+-	+-
Лазерна система навігації	+-	+-

Узагальнена ідентифікація	Ідентифікація за WoS	Ідентифікація за Derwent Innovation
Аргонова лазерна гвинтівка	+-	+-
Лазерна система передачі даних зв'язку	+-	+
Лазерна система спостереження	+-	+
Лазерна система відстеження	+-	+
Бомба з лазерним наведенням	+-	+
Лазерна система наведення	+	+-
Система лазерної зброї	+	+-
Лазерна гармата	+	+-
Розвідувальна інформація, отримана від лазерних систем	-	++
Лазерна система цілевказівки	-	++

Розвідувальна інформація, отримана від лазерних систем і лазерна система цілевказівки є пріоритетними напрямками з точки зору патентного аналізу, але відсутні у публікаціях бази WoS. Таке можливо, якщо спочатку патентують винаходи і лише потім дозволяють публікувати результати досліджень для уникнення витоку інформації.

У підсумку порівняння результатів наукометричного та патентного аналізів за видом «Лазерні системи» визначені *пріоритетні* (системи лідарів (лазерних локаторів), лазерна система високоенергетичної зброї) та *перспективні* науково-технологічні напрями (лазерна система локатора, зброя з лазерним наведенням, лазерна гвинтівка, система лазерного наведення для некерованих ракет).

3 Засоби протидії ураженню лазерною зброєю

3.1 Результати наукометричного аналізу даних міжнародної бази публікацій Web of Science за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю»

За результатами пошуку у міжнародній базі наукових публікацій Web of Science за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» за 2019-2023 роки отримано 72703 публікації. Динаміка публікаційної активності за 2019-2023 рр. має зростаючий характер. Темп публікаційної активності у 2023 р. порівняно з 2019 р. становив 195,0% (рис. 3.1).

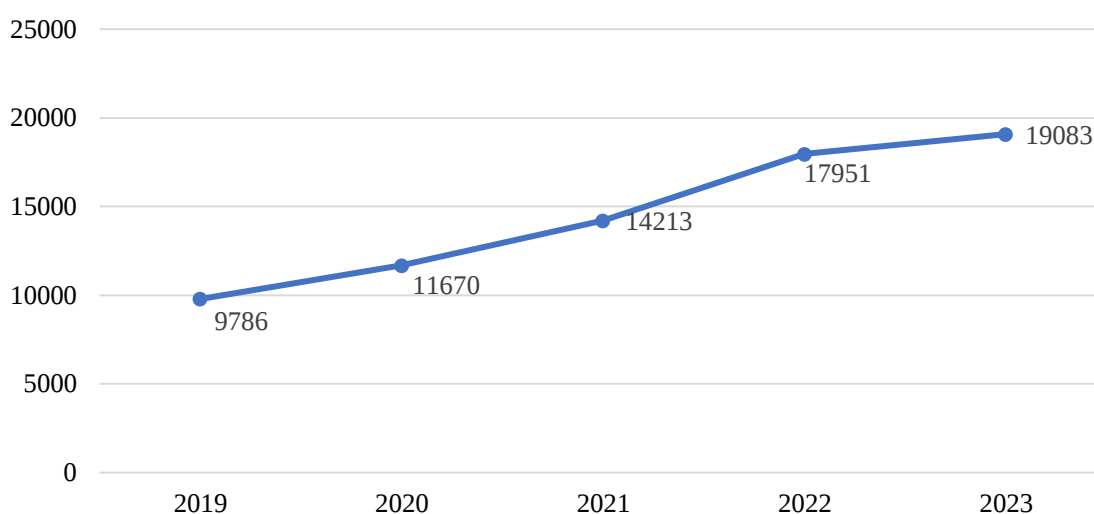


Рис. 3.1 Динаміка кількості публікацій за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» за 2019-2023 рр., од.

Серед Топ-10 країн світу із значним відривом *лідидує* Китай, який має 24165 або 33,2% публікацій у їх загальній кількості публікації за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю», що у 3,8 разу більше порівняно із США (8,8% публікацій – 2 позиція), у 9,5 разу – порівняно з Німеччиною (3,5% – третя позиція). Решта 7 країн мають від 3,3% публікацій (Велика Британія – четверта позиція) до 1,4% (Іспанія – 10 позиція) (рис. 3.2).

Україна займає 59 позицію, маючи за досліджуваним видом 43 або 0,1% публікацій.

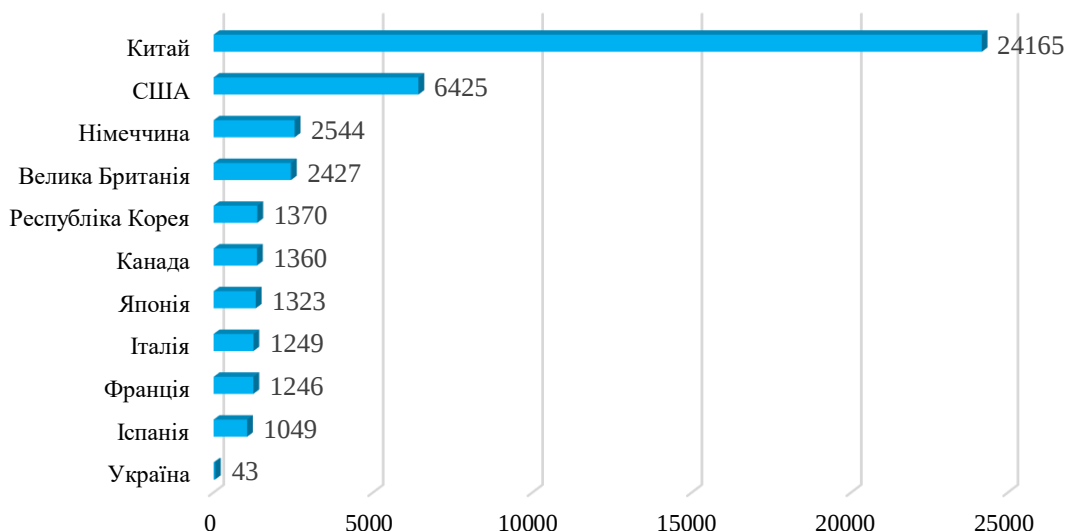


Рис. 3.2 Топ-10 країн світу та Україна за кількістю публікацій за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» за 2019-2023 рр., од.

До Топ-10 організацій світу за кількістю публікацій входять: Університет Китайської академії наук – 1 позиція; Уханський університет (Китай); Національне управління з аеронавтики та дослідження космічного простору (США); Національний центр наукових досліджень (Франція); Об'єднання німецьких науково-дослідних центрів імені Гельмгольца; Система Каліфорнійського університету (США); Чжецзянський університет (Китай); Харбінський політехнічний університет (Китай); Пекінський технологічний інститут (Китай); Університет Цинхуа (Китай) (рис. 3.3).

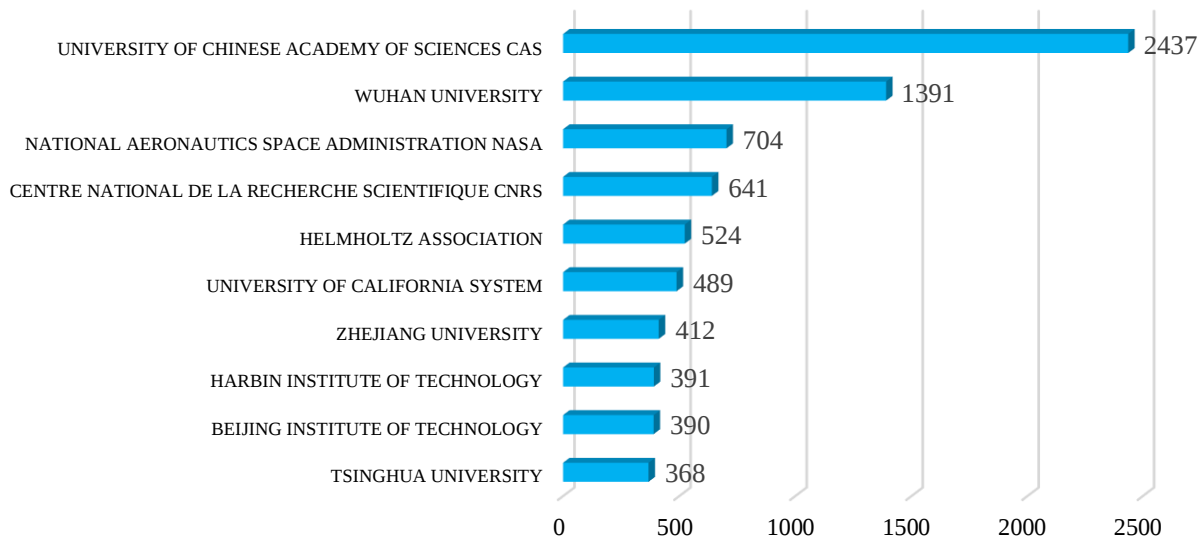


Рис. 2.3 Топ-10 організацій світу за кількістю публікацій за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» у 2019-2023 рр., од.

Кількість цитувань публікацій за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» за 2019-2023 рр. становить 84756 од. та демонструє щорічне зростання на 3164 од. у 2019 р. та 24025 од. публікацій у 2023 році (в 7,6 разу). Частка цитувань у 2023 р. досягла 28,3% у загальній кількості цитувань наукових публікацій за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» за 2019-2023 рр. (рис. 3.4).

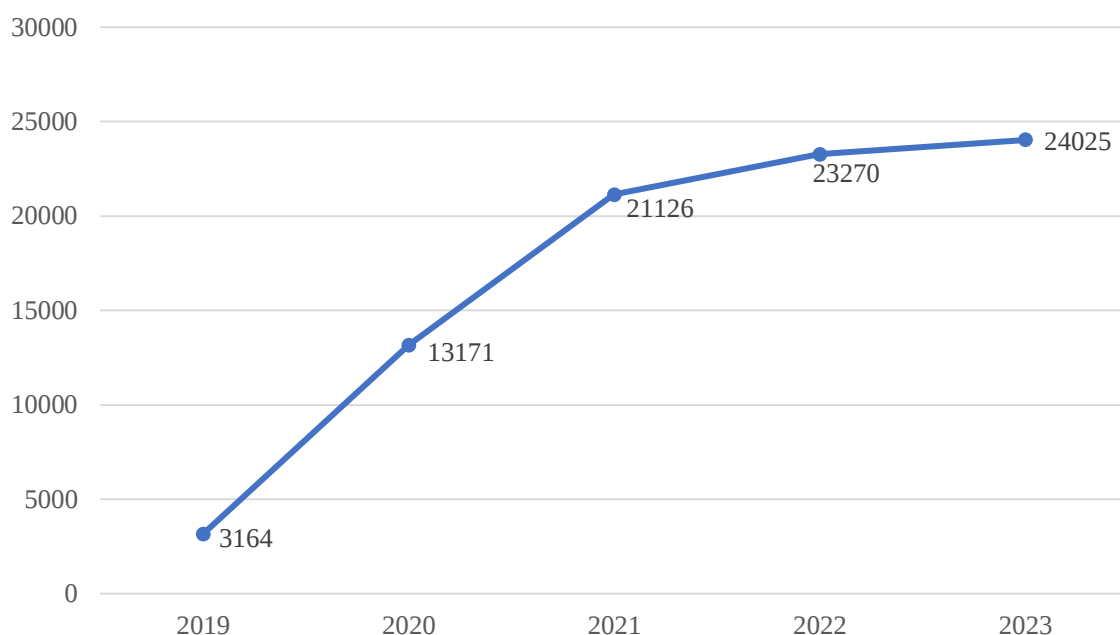


Рис. 3.4. Динаміка кількості цитувань наукових публікацій за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» у 2019-2023 рр., од.

Високі темпи росту публікаційної активності (інтервал $\geq 300,0\%$) мають напрями: лазерне енергетичне випромінювання; лазерний цілевказівник; тривимірний лазерний локатор; лазерний осліплювач; «осідланий промінь» (напівавтоматичне командне наведення лазерним променем – за принципом «лазерної стежки» – Старстрік).

Середні темпи росту публікаційної активності (інтервал 150,0-299,0%) мають напрями: лазерний локатор; лазерний зв'язок; лазерний далекомір; «залізний промінь» (тактична ізраїльська система ППО / ПРО спрямованої лазерної енергії з радіусом дії 7 км, доповнює систему «залізний купол»); вдосконалена тактична лазерна установка; лазерний акселерометр; лідар; захист від лазерного випромінювання; лазерний прилад для стеження; поглинач лазерного випромінювання; лазерний передавач; лазерний локатор; лазерний нівелір; лазерне наведення; лазерний гіроскоп.

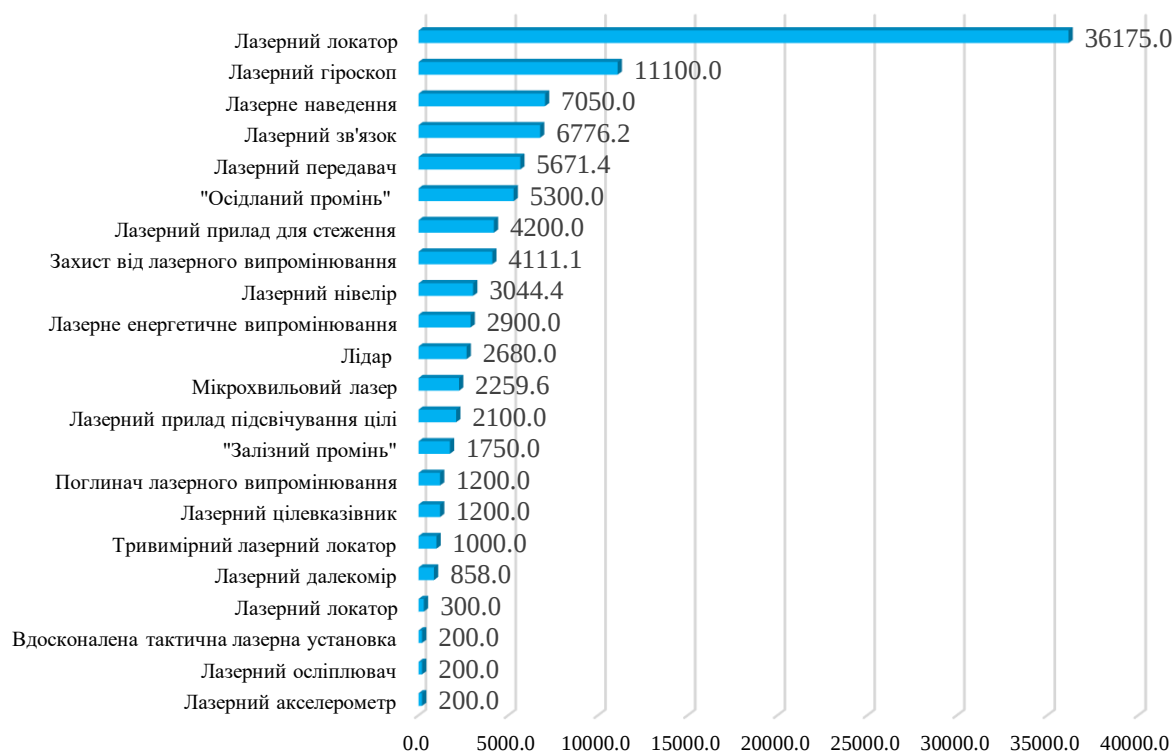
Невисокі / малі темпи росту публікаційної активності (інтервал <150,0%) мають напрями: лазерний прилад підсвічування цілі; мікрохвильовий лазер (рис. 3.5).



Рис. 3.5 Напрями за темпом публікаційної активності за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» у 2019-2023 рр., %

Високі темпи росту цитування публікацій (інтервал >500,0%) мають напрями: лазерний локаатор; лазерний гіроскоп; лазерне наведення; лазерний зв'язок; лазерний передавач; «осідланий промінь» (напівавтоматичне командне наведення лазерним променем – за принципом «лазерної стежки» – Старстрік); лазерний прилад для стеження; захист від лазерного випромінювання; лазерний нівелір; лазерне енергетичне випромінювання; лідар; мікрохвильовий лазер; лазерний прилад підсвічування цілі; «залізний промінь» (тактична ізраїльська система ППО / ПРО спрямованої лазерної енергії з радіусом дії 7 км, доповнює систему «залізний купол»); лазерний цілевказівник; поглинач лазерного випромінювання; тривимірний лазерний локаатор; лазерний далекомір.

Середні темпи росту цитування публікацій (інтервал 200,0-499,0%) мають тематичні напрями: лазерний локаатор; вдосконалена тактична лазерна установка; лазерний осліплювач; лазерний акселерометр (рис. 3.6).



**Рис. 3.6 Напрями за темпом цитування публікацій
за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» у 2019-2023 рр., %**

У табл. 3.1 наведені зведені індекси публікаційної активності та цитованості напрямів за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю»

**Таблиця 3.1 – Зведені дані напрямів за видом «Засоби протидії ураженню
лазерною зброєю»**

Назва напрямів	Індекс публікаційної активності	Індекс цитованості
Лазерне енергетичне випромінювання	700,0% (++)	2900,0% (++)
Лазерний цілевказівник	500,0% (++)	1200,0% (++)
Тривимірний лазерний локатор	405,9% (++)	1000,0% (++)
Лазерний осліплювач	400,0% (++)	200,0% (+-)
«Осідланий промінь»	400,0% (++)	5300,0% (++)
Лазерний локатор	297,9% (+-)	36175,0% (++)
Лазерний зв'язок	262,5% (+-)	6776,2% (++)
Лазерний далекомір	261,7% (+-)	858,0% (+)
«Залізний промінь»	212,5% (+-)	1750,0% (++)
Вдосконалена тактична лазерна установка	200,0% (+-)	200,0% (+-)
Лазерний акселерометр	200,0% (+-)	200,0% (+-)
Лідар	192,6% (+-)	2680,0% (++)
Захист від лазерного випромінювання	192,3% (+-)	4111,1% (++)
Лазерний прилад для стеження	188,9% (+-)	4200,0% (++)
Поглинач лазерного випромінювання	183,3% (+-)	1200,0% (++)
Лазерний передавач	181,8% (+-)	5671,4% (++)
Лазерний локатор	176,4% (+-)	300,0% (+-)

Назва напрямів	Індекс публікаційної активності	Індекс цитованості
Лазерний нівелір	175,6% (+-)	3044,4% (++)
Лазерне наведення	171,4% (+-)	7050,0% (++)
Лазерний гіроскоп	162,7% (+-)	11100,0% (++)
Лазерний прилад підсвічування цілі	135,3% (-)	2100,0% (++)
Мікрохвильовий лазер	122,5% (-)	2259,6% (++)

Шляхом порівняльного аналізу індексів публікаційної активності та цитованості масивів публікацій виокремлено перелік пріоритетних і перспективних напрямів наукових досліджень за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Перелік пріоритетних і перспективних напрямів наукових досліджень за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю»

Класифікація напрямів	Класифікація за індексом публікаційної активності	Класифікація за індексом цитованості
Пріоритетні (++)		
Лазерне енергетичне випромінювання	++	++
Тривимірний лазерний локатор	++	++
«Осідланий промінь»	++	++
Лазерний цілевказівник	++	++
Перспективні (+)		
Лазерний локатор	+ -	++
Лазерний зв'язок	+ -	++
«Залізний промінь»	+ -	++
Лідар	+ -	++
Захист від лазерного випромінювання	+ -	++
Лазерний прилад для стеження	+ -	++
Поглинач лазерного випромінювання	+ -	++
Лазерний передавач	+ -	++
Лазерний нівелір	+ -	++
Лазерне наведення	+ -	++
Лазерний гіроскоп	+ -	++
Лазерний осліплювач	++	+ -
Середньоперспективні (+-)		
Вдосконалена тактична лазерна установка	+ -	+ -
Лазерний акселерометр	+ -	+ -
Лазерний локатор	+ -	+ -
Лазерний далекомір	+ -	+
Лазерний прилад підсвічування цілі	-	++
Мікрохвильовий лазер	-	++

Пріоритетними є напрями наукових досліджень «лазерне енергетичне випромінювання», «тривимірний лазерний локатор», «осідланий промінь» (Старстрік) і «лазерний цілевказівник», а перспективні напрями – «лазерний локатор», «лазерний зв'язок», «залізний промінь»; «лідар»; «захист від

лазерного випромінювання»; «лазерний прилад для стеження»; «поглинач лазерного випромінювання»; «лазерний передавач»; «лазерний нівелір»; «лазерне наведення»; «лазерний гіроскоп» і «лазерний осліплювач».

3.2 Результати патентного аналізу за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» на базі Derwent Innovation

За видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» в системі Derwent Innovation знайдено 11618 патентів за 2019-2023 рр. Динаміка патентної активності демонструє суттєве зростання (272,5%) за цей період (рис. 3.7).

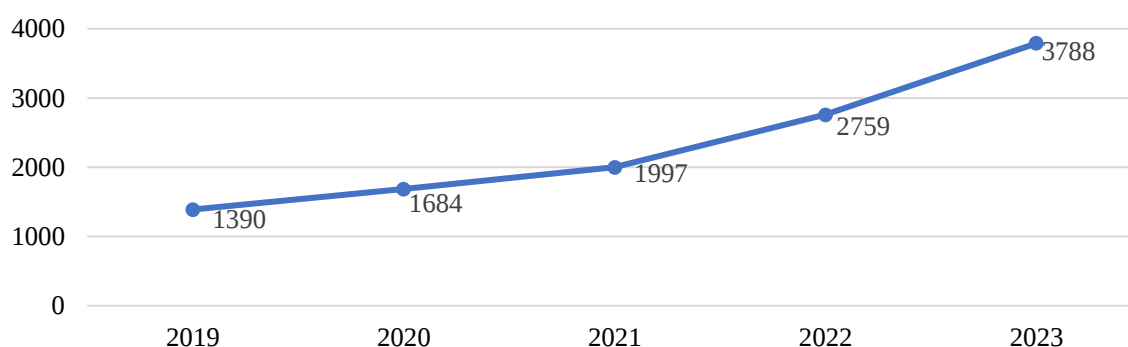


Рис. 3.7 Динаміка кількості патентів за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» у 2019-2023 рр., од.

Переважну кількість патентів мають Китай (45,5%), США (34,4%) і Республіка Корея (7,8%). Україна займає 21 позицію (0,1%) (рис. 3.8).

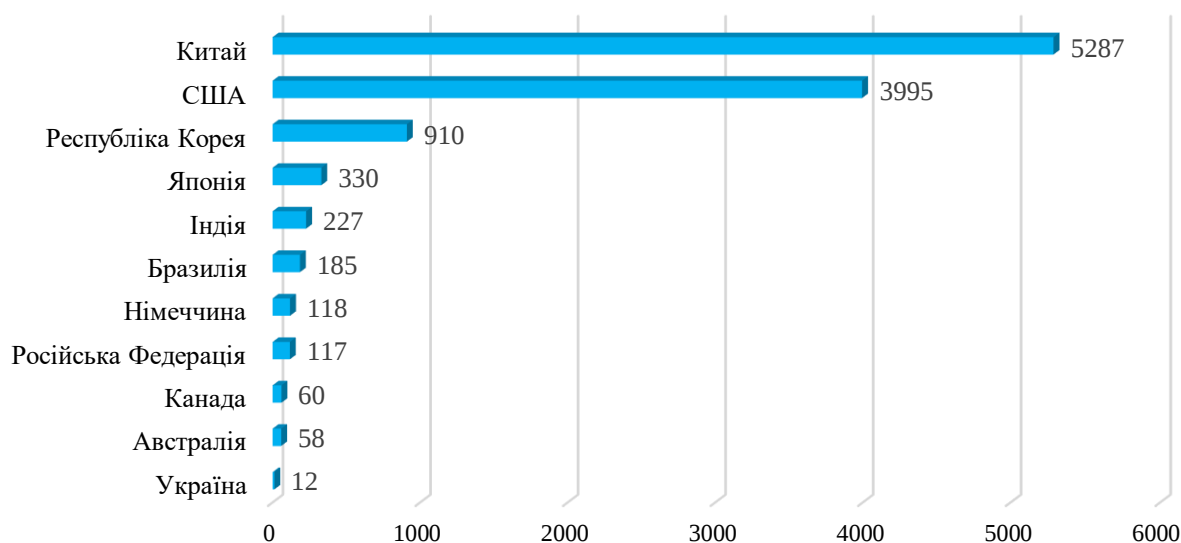


Рис. 3.8 Топ 10 країн - патентоволодільців та Україна за кількістю патентів за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю», од.

За результатами проведеного аналізу встановлені провідні у світі компанії-патентоволодільці: LG ELECTRONICS INC (Республіка Корея); META PLATFORMS TECH LLC (США); BOEING CO (США); SZ DJI TECHNOLOGY CO LTD (Китай); IUCF HYU ERICA CAMPUS (Республіка Корея); STRONG FORCE VCN PORTFOLIO 2019 LLC (США); QUALCOMM INC (США); NVIDIA CORP (США); STRONG FORCE IOT PORTFOLIO 2016 LLC (США); DEKA PRODUCTS LP (США) (рис. 3.9).

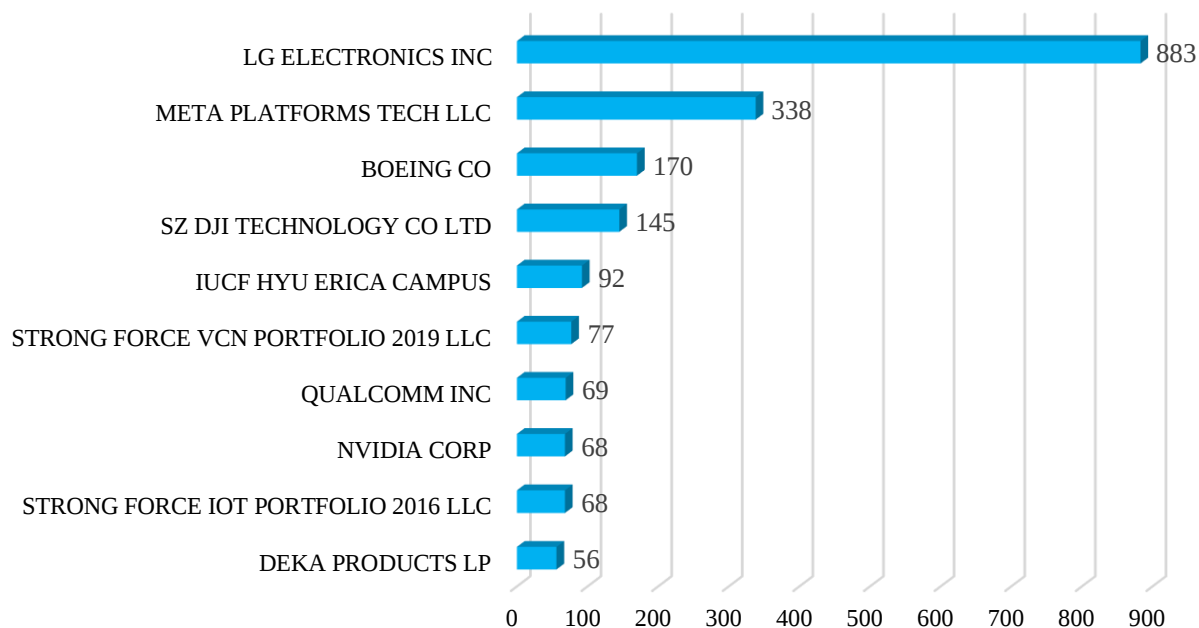


Рис. 3.9 Топ-10 компаній-патентоволодільців за кількістю патентів за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю», од.

Патентний аналіз ключових слів за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» виявив технологічні напрями з найвищими, високими та середніми темпами патентування:

– найвищі темпи (інтервал $\geq 300,0\%$): лідар; лазерний локатор; тривимірний лазерний локатор; лазерний далекомір;

– високі темпи (інтервал $200,0\%-299,0\%$): лазерний акселерометр; лазерний зв'язок; лазерний осліплювач; напівактивне лазерне самонаведення; лазерне енергетичне випромінювання; «осідланий промінь» (Старстрік); лазерний цілевказівник;

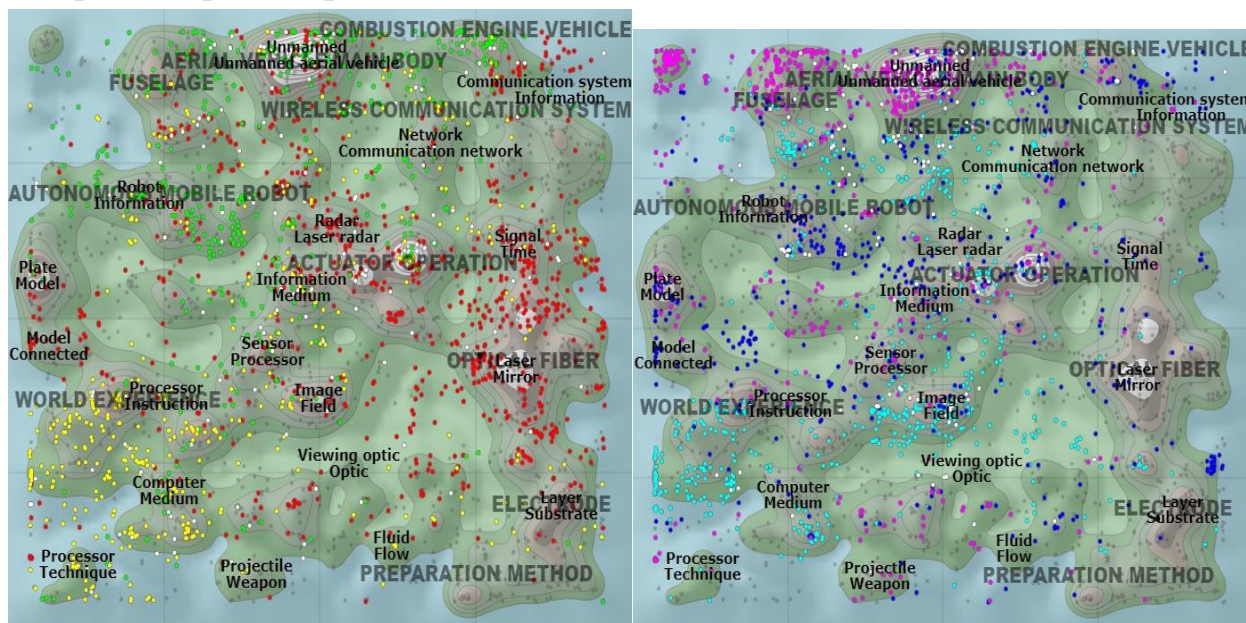
– середні темпи (інтервал $100,0\%-199,0\%$): мікрохвильовий лазер; лазерний прилад підсвічування цілі; лазерний прилад для стеження; лазерний гіроскоп; лазерний локатор; захист від лазерного випромінювання; «залізний промінь»; поглинач лазерного випромінювання; лазерний нівелір; лазерний

передавач; лазерне наведення; вдосконалена тактична лазерна установка (рис. 3.10).



Рис. 3.10 Технологічні напрями за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» за темпом зростання патентів у 2019-2023 рр., %

На ландшафтній карті відзначено технологічні напрями з найвищими і високими темпами патентування за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» (рис. 3.11).



Примітка:

- лідар
- лазерний локатор
- тривимірний лазерний локатор
- лазерний далекомір
- лазерний акселерометр
- лазерний зв'язок

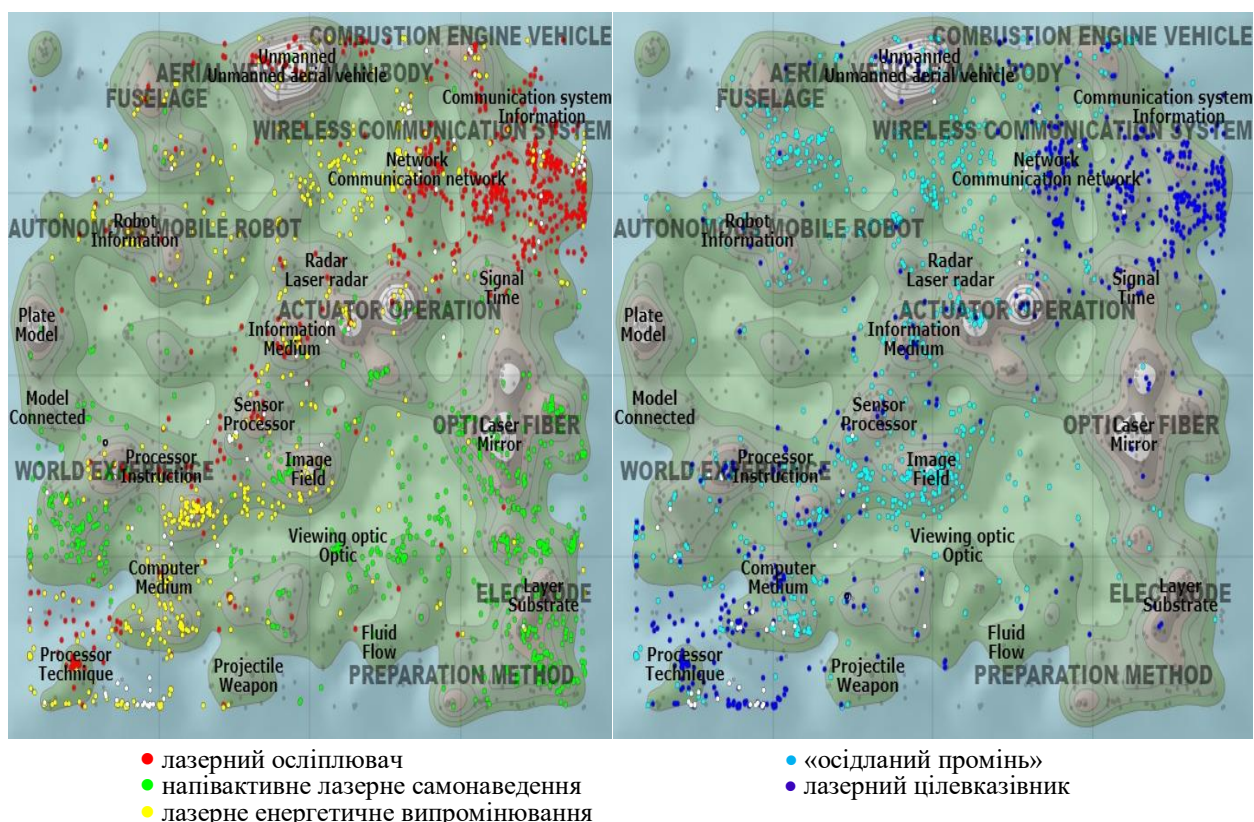


Рис. 3.11 Ландшафтна карта технологічних напрямів із найвищими та високими темпами патентування за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю»

За результатами проведеного аналізу всі зведені дані за технологічними напрямами виду «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Ідентифікація технологічних напрямів за патентним аналізом виду «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю»

Ідентифікація напрямів	Інтервал індексу та індекс патентної активності	Положення на ландшафтній карті	Кількість провідних патентоволодільців, які мають відповідні патенти
Лідар (++)	771,6%	$\geq 75\%$	9
Лазерний локатор (++)	536,4%	$\geq 75\%$	10
Тривимірний лазерний локатор (++)	396,3%	$\geq 75\%$	8
Лазерний далекомір (++)	310,4%	$\geq 75\%$	8
Лазерний акселерометр (+)	276,9%	50-75%	9
Лазерний зв'язок (+)	274,8%	50-75%	7
Лазерний осліплювач (+)	271,4%	50-75%	9
Напівактивне лазерне самонаведення (+)	250,0%	50-75%	8
Лазерне енергетичне випромінювання (+)	250,0%	50-75%	8
«Осідланий промінь» (+)	210,0%	50-75%	8
Лазерний цілевказівник (+)	200,0%	50-75%	8
Мікрохвильовий лазер (+-)	196,7%	$\geq 75\%$	7
Лазерний прилад підсвічування цілі (+-)	181,5%	$\geq 75\%$	7
Лазерний прилад для стеження (+-)	175,0%	$\geq 75\%$	7

Ідентифікація напрямів	Інтервал індексу та індекс патентної активності	Положення на ландшафтній карті	Кількість провідних патентоволодільців, які мають відповідні патенти
Лазерний гіроскоп (+-)	169,2%	$\geq 75\%$	6
Лазерний локатор (+-)	166,0%	$\geq 75\%$	6
Захист від лазерного випромінювання (+-)	162,6%	$\geq 75\%$	7
«Залізний промінь» (+-)	151,4%	$\geq 75\%$	6
Поглинач лазерного випромінювання (+-)	147,6%	$\geq 75\%$	6
Лазерний нівелір (+-)	143,6%	$\geq 75\%$	6
Лазерний передавач (+-)	135,8%	$\geq 75\%$	6
Лазерне наведення (+-)	134,0%	$\geq 75\%$	6
Вдосконалена тактична лазерна установка (+-)	120,0%	$\geq 75\%$	6

Результати порівняння наукометричного та патентного аналізів за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю» наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Ідентифікація пріоритетних і перспективних науково-технологічних напрямів за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю»

Узагальнена ідентифікація	Ідентифікація за WoS	Ідентифікація за Derwent Innovation
Пріоритетні (++)		
Тривимірний лазерний локатор	++	++
Лідар	+	++
Лазерне енергетичне випромінювання	++	+
«Осідланий промінь»	++	+
Лазерний цілевказівник	++	+
Перспективні (+)		
Лазерний зв'язок	+	+
Лазерний осліплювач	+	+
Лазерний локатор	+-	++
Лазерний далекомір	+-	++
Середньоперспективні (+-)		
Лазерний прилад підсвічування цілі	+-	+-
Мікрохвильовий лазер	+-	+-
Вдосконалена тактична лазерна установка	+-	+-
Лазерний акселерометр	+-	+
Лазерний локатор	+	+-
«Залізний промінь»	+	+-
Захист від лазерного випромінювання	+	+-
Лазерний прилад для стеження	+	+-
Поглинач лазерного випромінювання	+	+-
Лазерний передавач	+	+-
Лазерний нівелір	+	+-
Лазерне наведення	+	+-
Лазерний гіроскоп	+	+-

У підсумку порівняння результатів наукометричного та патентного аналізів за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю», визначені *пріоритетні* (тривимірний лазерний локатор, лідар, лазерне енергетичне випромінювання, «осідланий промінь», лазерний цілевказівник) та *перспективні* науково-технологічні напрями (лазерний зв'язок, лазерний осліплювач, лазерний локатор, лазерний далекомір).

ВИСНОВКИ

1. Проведений наукометричний аналіз публікацій на основі даних міжнародної бази наукових публікацій Web of Science та патентний аналіз на основі даних бази Derwent Innovation, які не містять інформацію, що віднесена до державної таємниці, дозволив визначити пріоритетні (найбільш перспективні) та перспективні світові наукові та технологічні напрями за критичною технологією «Технології створення елементної бази лазерних систем та засобів протидії ураженню лазерною зброєю» за видами «Лазерні системи» та «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю».

Синтез наукометричного та патентного методів аналізу дав можливість визначити світові пріоритетні та перспективні науково-технологічні напрями у досліджуваній сфері.

2. За результатами дослідження визначено такі світові науково-технологічні пріоритетні та перспективні напрями:

1) за видом «Лазерні системи»:

- пріоритетні (найбільш перспективні):
 - системи лідарів (лазерних локаторів);
 - лазерна система високоенергетичної зброї
- перспективні:
 - лазерна система локатора;
 - зброя з лазерним наведенням;
 - лазерна гвинтівка;
 - система лазерного наведення для некерованих ракет

2) за видом «Засоби протидії ураженню лазерною зброєю»:

- пріоритетні (найбільш перспективні):
 - тривимірний лазерний локатор;
 - лідар;
 - лазерне енергетичне випромінювання;
 - «осідланий промінь» (напівавтоматичне командне наведення лазерним променем – за принципом «лазерної стежки» – Старстрік);
 - лазерний цілевказівник;
- перспективні:
 - лазерний зв'язок;
 - лазерний осліплювач;
 - лазерний локатор;
 - лазерний далекомір.