

## **Програма з аграрного і сільського розвитку (АГРО)**

### **Аналітичний звіт**

### **«Програми, ринок та виробники безпілотних систем у США: аналіз розвитку технологій і нормативного середовища»**

**Призначення:** сприяння розвитку професії оператора безпілотних літальних апаратів в агропромисловому виробництві шляхом впровадження освітніх програм у закладах вищої освіти України з метою підсилення послуг агроскаутингу.

#### **Розробники:**

Микола Биков,  
короткостроковий консультант Програми  
з аграрного і сільського розвитку (АГРО)

Павло Горячев,  
інструктор: БПЛА Victory Drones, ГО «Центр  
підтримки аеророзвідки»

#### **Координатор:**

Олександр Приходько,  
менеджер з розвитку аграрних ринків Програми  
з аграрного і сільського розвитку (АГРО)

Київ — 2025

*Програма АГРО — це семирічний проєкт міжнародної технічної допомоги, метою якого є прискорення економічного розвитку сільських громад України, що потребують найбільшої підтримки, шляхом удосконалення управління в аграрному секторі. Програма фінансується Урядом США та впроваджується компанією Chemonics International.*

## **План документа:**

- 1. Програми та приклади впровадження дистанційно керованих безпілотних апаратів у США**
- 2. Огляд ринку дрон-технологій у США, основні виробники й постачальники**

## **Короткі описи розділів:**

### **1. Програми та приклади впровадження дистанційно керованих безпілотних апаратів у США**

У цьому розділі подано системний аналіз державних і приватних ініціатив США щодо впровадження повітряних, наземних і водних безпілотних систем. Описано ключові програми Федеральної авіаційної адміністрації (FAA), Міністерства транспорту, NOAA та військових відомств, приклади інтеграції дронів у громадську безпеку, логістику, охорону довкілля й інфраструктурні інспекції. Наведено кейси успішних проєктів (Wing, Amazon Prime Air, Waymo One, TuSimple, Sairdrone), а також фактори, що впливають на їх ефективність — регуляторне середовище, публічна підтримка, технологічна готовність.

### **2. Огляд ринку дрон-технологій у США, основні виробники й постачальники**

Розділ аналізує структуру і динаміку ринку дронів у США за сегментами: військові, комерційні, аграрні, екологічні та споживчі дрони. Наведено дані про обсяги продажів, темпи зростання та прогноз розвитку до 2030–2034 рр. Детально описано провідних виробників (DJI, Skydio, AeroVironment, Insitu, Parrot, Autel Robotics, інші), їх спеціалізацію й інновації. Розглянуто ринок наземних і морських дронів, а також ключових постачальників компонентів — автопілотів, сенсорів, камер, двигунів. Підкреслено роль стартапів і великих оборонних корпорацій у формуванні конкурентного та технологічно диверсифікованого ринку.

## 1. Програми та приклади впровадження дистанційно керованих безпілотних апаратів (на прикладі США)

**Мета дослідження:** сформувати системне уявлення про досвід США у створенні програм з використання дистанційно керованих безпілотних апаратів (ДКБА) — повітряних, наземних і водних — включно з методами впровадження, особливостями навчання операторів і технічного регулювання.

### 1. Огляд державних і приватних ініціатив у США

#### 1.1 Повітряні безпілотники (UAS/UAV)

**Федеральні програми.** Федеральна авіаційна адміністрація США (FAA) очолює низку ініціатив для інтеграції безпілотників у повітряний простір. У 2017–2020 рр. FAA спільно з Міністерством транспорту реалізувала **Програму пілотної інтеграції безпілотних систем (UAS Integration Pilot Program, IPP)**. В рамках IPP було відібрано 10 місцевих/штатних урядів у партнерстві з приватними компаніями, щоб у реальних умовах протестувати розширені операції дронів — польоти за межами видимості, доставки вантажів, польоти над людьми тощо (1\*, 2\*). Програма IPP була спрямована на подолання регуляторних бар'єрів і вироблення практичних підходів до безпечної інтеграції дронів, забезпечивши співпрацю влади та бізнесу (3\*). Очікувалося, що успішна інтеграція UAS принесе значні економічні вигоди — за оцінками, до \$82 млрд та 100 тис. робочих місць протягом десятиліття (3\*). **Програма BEYOND (2020–2023)** продовжила роботу IPP, зосередившись на польотах за межами прямої видимості (BVLOS) та інших складних сценаріях із вісьмома командами-учасниками (4\*). Паралельно FAA залучала галузевих партнерів через раніше ініційовані програми — наприклад, **Focus Area Pathfinder (2015–2017)**, де CNN, PrecisionHawk і BNSF Railway спільно відпрацьовували польоти над людьми та за межами видимості в селах і вздовж залізниць (5\*, 6\*). Інші федеральні відомства теж впроваджують безпілотники: Агентство з охорони довкілля (EPA) створило власну UAS-програму для екологічного моніторингу (7\*), служби екстреної допомоги тестують дрони в гасінні лісових пожеж і пошуку й порятунку (8\*).



Стаття: «Отримавши сертифікацію FAA, компанія Google з розробки дронів розпочала поставки у Вірджинію»



**Регіональні та місцеві ініціативи.** У США діють штатні центри безпілотних систем і випробувальні полігони. Згідно з законом FAA 2012 р., були створені шість офіційних випробувальних майданчиків UAS у різних штатах (9\*), наприклад, у Північній Дакоті, Алясці, Неваді тощо. Ці майданчики співпрацюють з університетами та промисловістю, допомагаючи тестувати дрони в різних кліматичних і географічних умовах. Штати на кшталт Північної Дакоти позиціонують себе як «безпілотні» хаби: у Північній Дакоті діє мережа UAS-дослідницьких центрів і полігонів, які підтримують як військові, так і цивільні проєкти (штат першим у США отримав комплексну систему управління БПЛА в повітряному просторі на рівні штату) (10\*, 11\*). На місцевому рівні, поліція й екстрені служби сотень міст розгортають програми використання дронів: від моніторингу натовпів до доставки медичних матеріалів. Наприклад, поліція м. Чула-Віста (Каліфорнія) реалізує програму **Drone as a First Responder** — дрони автоматично виїжджають на місце інциденту раніше патрульних, забезпечуючи відеорозвідку (програма діє за спеціальним дозволом FAA). Аналогічно в галузі охорони здоров'я дрони залучаються для транспортування медичних матеріалів між лікарнями; ці пілотні проєкти часто фінансуються місцевою владою спільно з приватними партнерами (як приклад — проєкт WakeMed у Північній Кароліні з доставкою лабораторних зразків дроном компанії Matternet під егідою UPS Flight Forward, 12\*).



Source: GAO analysis of Federal Aviation Administration information. | GAO-23-105189

Рис: Експлуатація дронів дозволена згідно з Правилами частини 107 та з відмовою від відповідальності. Джерело: (\*4).

	<p>Дрони:FAA має покращити свій підхід до інтеграції дронів у національну систему повітряного простору</p>
--	--

**Структура програм та інфраструктура.** Більшість програм у США мають змішаний характер: поєднують **освітній компонент, індустріальні партнерства**, елементи **сертифікації** та **інкубаційні майданчики** для технологій. Наприклад, FAA залучає університети через ініціативу **UAS Collegiate Training Initiative (CTI)** — мережу коледжів і вишів, що готують кадри для індустрії дронів (13\*). У 2020 р. FAA оголосила про створення **BEYOND**-центрів передового досвіду, де учасники ІРР продовжують випробування разом зі стартапами й розробниками БПЛА (4\*). Приватний сектор також розвиває інкубатори: компанії-керівники (наприклад, Google Wing, Amazon Prime Air, стартапи) часто співпрацюють зі штучними полігонами й технологічними хабами (наприклад, Drone Port у штаті Кентуккі або AllianceTexas Mobility Innovation Zone, де тестуються доставні дрони Wing і інших компаній спільно, 14\*). Усі ці ініціативи покликані прискорити впровадження безпілотників у різних сферах, забезпечуючи безпечну інтеграцію в наявні системи — від повітряного руху до міської інфраструктури.

## 1.2 Наземні безпілотні системи (автономні та дистанційно керовані наземні транспортні засоби)

**Федеральні ініціативи.** Розвитком безпілотних автомобілів у США опікується Міністерство транспорту (USDOT) і Національне управління безпеки дорожнього руху (NHTSA). Відсутність єдиного «FAA для доріг» призвела до іншого підходу: **федеральні рекомендації та грантові програми** замість детальних правил. У 2016 р. було опубліковано «**Federal Automated Vehicles Policy**», за якою послідували оновлені версії — **AV 2.0 (Automated Driving Systems 2.0)** у 2017 р., **AV 3.0** у 2018 р. та комплексна стратегія **AV 4.0** у 2020 р. (15\*, 16\*). Ці документи визначають **принципи** (пріоритет безпеки, технологічна нейтральність, гармонізація правил) й окреслюють ролі 38 федеральних відомств у розвитку автономного транспорту (16\*). USDOT виступає «консолідатором» зусиль, стимулюючи співпрацю промисловості, штатів і науковців для безпечного тестування та впровадження автономних авто (17\*, 18\*). З цією метою було створено кілька програм: зокрема, у 2017 р. USDOT визначив **10 полігонів-пробігів (AV Proving Grounds)** для випробувань безпілотників на дорогах (19\*). У 2019 р. було започатковано програму грантів ADS Demonstration Grants (\$60 млн) на підтримку пілотних проєктів автономного транспорту у штатах (20\*). У 2020–2022 рр. NHTSA впровадила онлайн-портал **AV TEST Initiative** для збору відкритих даних про випробування автономних авто (де компанії добровільно діляться інформацією про маршрути, пробіг, інциденти). Отже, на федеральному рівні створено рамкові умови й фінансові стимули, а детальне регулювання делеговано штатам.



Міністерство транспорту США (DOT) визначило 10 пілотних полігонів для заохочення тестування та обміну інформацією щодо технологій автоматизованих транспортних засобів. Ці полігони сприятимуть інноваціям, які можуть безпечно трансформувати особисту й комерційну мобільність, розширити потужності й відкрити нові двері для людей і громад, що перебувають у небезпечному становищі.

**Штатні та приватні ініціативи.** Багато штатів запровадили власні програми й закони для автономних машин. Ще до 2018 р. **40+ штатів** прийняли законодавчі акти чи укази, що дають змогу тестування безпілотних авто на дорогах загального користування

(21\*, 22\*). Наприклад, Аризона та Флорида відомі дуже ліберальними умовами випробувань — в Аризоні з 2018 р. дозволені повністю безпілотні таксі без водія-страхувальника, що привабило компанії Waymo та Cruise (23\*, 24\*). Каліфорнія, навпаки, створила поетапну систему дозвільних пермітів через DMV: спочатку для тестування з водієм, згодом — без водія і для пасажирських сервісів. Станом на 2025 р., служби роботаксі діють у кількох регіонах: Waymo й Cruise возять пасажирів у Фініксі, Сан-Франциско, Лос-Анджелесі; Zoox (підрозділ Amazon) випробовує шатли; стартапи як Aigoa тестують автономні вантажівки на магістралях Техасу (25\*, 26\*). Штати Техас, Джорджія, Міссісіпі ухвалили закони, що дозволяють експлуатацію автономних транспортних засобів за дотримання ряду умов: наявність страхування, плану взаємодії з поліцією, дотримання ПДР тощо (27\*, 28\*). Деякі закони навіть звільняють пасажирів автономного авто від вимоги мати водійське посвідчення (адже «водієм» визнається сама система) (29\*, 28\*).



**Приватний сектор і дослідницькі центри.** Лівову частку інновацій у наземних автономних системах забезпечують великі технологічні компанії та університети. **Waymo (Alphabet)** — піонер у сфері самокерованих автомобілів — з 2020 р. оперує комерційним роботаксі-сервісом **Waymo One** в районі Фінікса (Аризона), ставши першим у світі загальнодоступним сервісом повністю без водія (23\*, 24\*). Станом на 2023 р. Waymo вже надав понад мільйон безпілотних поїздок у Фініксі та почав обслуговувати Лос-Анджелес (30\*). Компанія **Cruise (GM)** запускає аналогічні служби в Сан-Франциско та Остіні. Також працюють десятки стартапів і проєктів: **Starship Technologies** розгорнула мережу дрібних наземних роботів-кур'єрів (на 2023 р. діють у понад 25 кампусах університетів, парк більше як 2000 роботів) (31\*,32\*), котрі дистанційно моніторяться операторами й розвозять доставку їжі студентам.

**Agrobotics:** такі гіганти, як John Deere інвестують в автономні трактори ц комбайни — у 2022–2025 рр. презентовано покоління автономних сільськогосподарських машин, здатних самостійно орати та обприскувати поля, що має вирішити проблему браку робочої сили та підвищити продуктивність (33\*, 34\*). Подібні системи проходять випробування на фермах Середнього Заходу. Важливо, що наземні роботи активно впроваджуються і у військовій та рятувальній сфері: з початку 2000-х **дистанційно керовані роботи-сапери** (наприклад, багатоцільовий робот TALON, PackBot) перебувають на озброєнні армії та поліції США для знешкодження вибухівки. Нині ж Міністерство оборони США реалізує програми створення безпілотних наземних транспортних засобів для постачання (наприклад, програма SMET армії щодо роботизованих транспортних платформ). Такі платформи зазвичай керуються дистанційно солдатом-оператором або рухаються автономно, а їх випробування (зокрема в бойових умовах) також є частиною загальної картини розвитку наземних дронів.

#### **John Deere представляє нові автономні машини та технології на виставці CES 2025**

<b>Машина</b>	<b>Призначення</b>	<b>Технології та обладнання</b>	<b>Особливості</b>
<b>Автономний трактор 9RX</b>	Великомасштабне сільське господарство (оранка, тягнення обладнання)	Комплект автономності 2-го покоління: 16 камер у блоках (360° огляд)	Фермер може залишити машину без нагляду. Точніший розрахунок глибини на більших відстанях. Може тягнути більше обладнання та рухатися швидше
<b>Автономний садовий трактор 5ML</b>	Обприскування дерев у садах повітряним струменем	Найновіший комплект автономного живлення + датчики <b>Lidar</b> для роботи з густими кронами	Дизельний двигун. Орієнтований на садівництво



<b>460 P-Tier</b> <b>Автономний</b> <b>самоскид (ADT)</b>	Кар'єрні роботи: будівництво доріг, споруд, інфраструктури; транспортування матеріалів	Автономна система управління (деталі не розкриті в тексті)	Оптимізує складний процес видобутку, обробки та транспортування матеріалів
<b>Автономна</b> <b>електрична</b> <b>газонокосарка</b> <b>(комерційна)</b>	Комерційний ландшафтний дизайн (газони, парки)	Камерна технологія Deere, зменшений масштаб; 2 камери спереду + по одній зліва, справа та ззаду (360° огляд)	Компактніший розмір. Персонал може зосередитись на інших роботах

Джерело: (\*33).

### 1.3 Водні та підводні безпілотні системи

**Державні ініціативи (науково-громадянські).** У морській сфері використання безпілотних технологій у США очолює Національне управління океанічних й атмосферних досліджень (NOAA). У NOAA створено програму **Uncrewed Systems (UxS)**, яка охоплює безпілотні платформи всіх середовищ — від дронів-літаків до морських дронів на поверхні й під водою (35\*, 36\*). Ця програма покликана забезпечити відомство новими інструментами збору даних. Зокрема, NOAA у співпраці з приватною компанією Saildrone щорічно запускає в океан **вітрильно-моторні безпілотні кораблики (USV Saildrone)** для дослідження ураганів й інших явищ. У 2021 р. Saildrone вперше зміг зафіксувати дані всередині ядра урагану 4-ї категорії (шторм Sam) — роботизований апарат пережив 15-метрові хвилі й передав відео з епіцентру урагану (37\*). Це продемонструвало унікальні можливості автономних морських платформ для **моніторингу погоди** й зміни клімату. NOAA також широко використовує **підводні глайдери** та дистанційно керовані апарати (ROV) для дослідження океану — наприклад, щороку десятки підводних дронів NOAA відстежують параметри Гольфстріму й інших течій, допомагаючи покращити моделі прогнозу погоди. Для координації цих зусиль у 2020 р. NOAA створила **UxS Operations Center** — централізований центр управління всіма безпілотними системами, де ведеться підготовка операторів, планування місій та аналіз даних (38\*, 39\*).

**Військові та оборонні програми.** Військово-морські сили США активно розвивають як автономні надводні кораблі, так і безпілотні підводні апарати. DARPA спільно з ВМС у 2016 р. Представила прототип **Sea Hunter** — 40-метрового автономного

корабля для виявлення підводних човнів. Sea Hunter здатен долати тисячі миль без екіпажу, керований автопілотом та віддаленим командуванням, і слугував експериментальною платформою для відпрацювання правил обходу зіткнень в морі. ВМС США також уклали контракти на створення великих безпілотних підводних човнів, зокрема проєкт **Orca XLUUV** (Boeing), призначеного для тривалих автономних місій. Хоча деталі таких програм часто засекречені, відомо, що під час навчань ВМС з 2021 р. автономні кораблі успішно виконували спільні маневри з традиційними кораблями, доводячи надійність технології. На регуляторному рівні Берегова охорона США заявляє, що поки **регулює автономні судна в межах чинних законів**, зокрема Міжнародних правил запобігання зіткненням (COLREGs) і вимог до безпеки суден (40\*). Втім, визнається, що чинні закони припускають наявність екіпажу, тому для повністю безлюдних суден може знадобитися оновлення законодавства (41\*, 42\*). В процесі експериментів Берегова охорона видає тимчасові дозволи й поліси (наприклад, Policy Letter 22-01, 2022 р.), які встановлюють умови тестування автономних або дистанційно керованих суден під наглядом людини (43\*,44\*).

**Комерційний сектор та наука.** У приватному секторі **нафтовидобувна промисловість** вже давно користується дистанційно керованими підводними апаратами (ROV) для обстеження бурових платформ, прокладання кабелів, пошуку нафти тощо. Лідери галузі — компанії на кшталт Oceanengineering International — мають навчальні центри, де щороку проходять підготовку десятки нових **пілотів ROV** (45\*). Такі оператори керують апаратами на глибині до 3000 м, виконуючи точні маніпуляції роботизованими руками. Останніми роками з'являються й **автономні морські дрони** для комерційних цілей: стартап **Saildrone Inc.** пропонує послуги з довготривалого (місяці) автономного збирання океанографічних даних за допомогою парусних безпілотників — NOAA, ВМС та навіть NASA укладають з ними угоди для наукових місій (46\*). Також компанії як **Sea Kit International** (Велика Британія) співпрацюють з американськими фірмами у проєктах з автономного картографування морського дна (у 2020 р. безпілотний катер SeaKit успішно перетнув Атлантику (<https://www.sea-kit.com/utas-project>)). Загалом, водні дрони в США поки що впроваджуються більш локально і точково порівняно з повітряними та наземними, але інтерес до них швидко зростає через потреби **морської безпеки** (патрулювання портів, виявлення міни), **морських досліджень** й **екологічного моніторингу**.



Управління морських та авіаційних  
операцій NOAA (ОМАО) Річні звіти

## 2. Вивчення практичних кейсів використання дронів

### 2.1 Повітряні дрони — пілотні проекти та бізнес-кейси

**FAA UAS Integration Pilot Program (IPP).** Ця трирічна ініціатива (2018–2020) стала одним із ключових кейсів державно-приватного партнерства. В її межах такі компанії, як Wing, UPS, Uber, Airbus та інші співпрацювали з місцевою владою (міста, штати, індіанські громади) під наглядом FAA для виконання показових проєктів. Прикладом успішного кейсу IPP стала програма доставки медичних товарів у Північній Кароліні: дочірня компанія UPS Flight Forward спільно з лікарнею WakeMed почала перевозити аналізи та препарати дроном Matternet між корпусами лікарні. У вересні 2019 р. це стало **першою регулярною комерційною доставкою дроном у США**, виконаною за особливим сертифікатом FAA Part 135 (детальніше про Part 135 — у розділі нормативної бази) (12\*). Інший яскравий кейс IPP — проєкт **Project Wing (Alphabet)** у м. Крістіансбург, штат Вірджинія. Компанія Wing (раніше — підрозділ Google X) співпрацювала з Політехнічним університетом Вірджинії та місцевою владою, щоб випробувати доставку невеликих посилок (кава, їжа, медикаменти) автономними квадрокоптерами в житлових районах (47\*, 48\*). Завдяки позитивним результатам випробувань, навесні 2019 р. Wing стала **першою компанією в США, що отримала сертифікацію авіаперевізника** для дронів (FAA Air Carrier Certificate) (47\*). Це дало можливість наприкінці 2019 р. розгорнути в Крістіансбурзі перший комерційний сервіс авіадоставки для населення (49\*). Місцеві мешканці через мобільний застосунок замовляли товари з магазинів, а дрон доставляв їх за лічені хвилини, спускаючи на шнурі до двору. За даними FAA, Wing в IPP виконала тисячі успішних доставок, продемонструвавши високий рівень безпеки (50\*). Фактор успіху Wing — **технологія UTM** (система управління трафіком дронів) власної розробки, яка автоматично планувала маршрути, уникаючи конфліктів з іншими повітряними об'єктами. Проєкт Wing показав, що доставка дроном може бути безпечнішою для пішоходів, ніж аналогічна поїздка кур'єром на авто (51\*), і заклав прецедент для регуляторів.

**Amazon Prime Air.** Ще один знаковий кейс — програма **Prime Air** від Amazon, яка має на меті повітряну доставку товарів зі складів безпосередньо покупцям. Amazon розпочала тести прототипів дронів-кур'єрів ще у 2015 р., однак довгий час поставали перед регуляторними труднощами. Лише в серпні 2020 р. Amazon отримала сертифікат авіаперевізника FAA (Part 135) для Prime Air, ставши третьою компанією після Wing та UPS з такою ліцензією (52\*, 53\*). Дрони Amazon відрізняються більшим розміром і вантажністю (>25 кг) та здатні перевозити пакунки масою до ~2,5 кг на відстань ~10 км. Перші випробувальні доставляння Amazon здійснила наприкінці 2020 р. в околицях міста Палма (штат Вашингтон) та на полігоні поблизу Куртіс (штат Орегон) (54\*, 55\*). Попри повільний

старт, у 2022–2023 рр. Amazon оголосила про запуск пілотних служб доставки дроном у двох містах — Локфорд (Каліфорнія) та Колледж-Стейшен (Техас). Однак, стикнувшись з технічними та операційними викликами, у 2023 р. компанія тимчасово призупинила ці програми для доопрацювання технологій безпеки (56\*). Кейс Amazon підкреслює **обмеження і виклики**: необхідність наднадійного уникнення перешкод, сусідство з житловою забудовою, інтеграція з місцевою авіацією. Amazon зробила акцент на повній автономності польоту (без постійного контролю людиною), що, з одного боку, збільшує складність сертифікації, але з іншого — має потенціал масштабування послуги.



Нове схвалення надасть змогу Prime Air «ефективно розширювати й масштабувати» операції з доставки дронами



**NASA UAS Projects.** Успішним прикладом державного проєкту є **NASA UAS Traffic Management (UTM)** — науково-дослідна програма NASA, що тривала з 2015 по 2019 р. Мета — розробити концепцію й технології **системи керування низьковисотним трафіком дронів**, аналогічної до систем диспетчерування пілотованої авіації (57\*). NASA об'єднала зусилля з FAA, університетами та 100+ компаніями. Програма складалася з серії польових випробувань (Technical Capability Levels 1–4) у різних сценаріях: від простих польотів у сільській місцевості до складних операцій у міських умовах з десятками дронів одночасно (57\*). На завершальному етапі у 2019 р. тести проходили в Каліфорнії та Неваді: дрони доставляли умовні посилки, літали за BVLOS в місті Ріно тощо. Результатом стала розробка прототипу системи UTM, яка автоматично координує траєкторії дронів через інтернет-сервіси, забезпечуючи дотримання «правил неба». Ці напрацювання NASA були передані FAA та приватним провайдерам для впровадження. **Фактори успіху**: тісна співпраця уряду та бізнесу (залучено стартапи, такі як ANRA, AirMap, що розробляли хмарні сервіси UTM), поетапне ускладнення тестів, а також прозорість — NASA

публікувала результати й «уроки» після кожного етапу (58\*). Програма UTM стала моделлю інноваційного проекту, що знизив ризики для FAA при введенні нових правил (зокрема, на основі даних NASA у 2021 р. FAA легалізувала польоти дронів над людьми та вночі за певних умов (59\*), а також готує регулювання BVLOS).

**Дрони в публічній безпеці й іншому застосуванні.** Слід згадати кейси використання безпілотників у службах публічної безпеки й інфраструктурі. Наприклад, у рамках IPP реалізовано проект у штаті Північна Дакота з використання дронів для **моніторингу нафтових трубопроводів** і реагування на надзвичайні ситуації (у співпраці з компанією Xcel Energy та Департаментом поліції). Інший кейс — **Chula Vista Drones** (Каліфорнія): поліція міста за три роки здійснила понад 2800 виїздів на місце події дронами, прибуваючи раніше патрулів і забезпечуючи відео з повітря, що допомогло затримати злочинців на гарячому та ефективніше розподіляти сили (8\*). Ця ініціатива отримала визнання FAA й фактично стала моделлю для десятків інших міст (загалом на 2022 р. понад 1500 підрозділів поліції та пожежних команд США застосовують дрони в роботі). У галузі будівництва та інспекцій безпілотники також зарекомендували себе: компанія **BNSF Railway** (залізничний оператор) у межах програми FAA Pathfinder ще у 2016 р. першою отримала дозвіл на регулярні BVLOS-польоти дронів вздовж колій для перевірки стану полотна (60\*, 61\*). Це істотно підвищило оперативність і безпеку інспекцій. В енергетиці компанії Dominion Energy, Florida Power & Light тощо впровадили дрони для огляду ЛЕП і вітряків, скоротивши витрати й травматизм серед персоналу (дрони замінюють підйом кранів і вертольоти для огляду високовольтних ліній). **Ключовий висновок** з аналізу кейсів: **фактори успіху** поєднують тісну взаємодію з регулятором (отримання необхідних виключень і сертифікацій), поступове нарощування масштабу (починаючи з локальних випробувань), пріоритет безпеки (резервування систем, парашути на дронах для аварійної посадки тощо) й **інформування громадськості**. У багатьох проектах (Wing, Chula Vista) компанії та влада проводили кампанії з підвищення обізнаності населення про користь дронів, що допомогло отримати суспільну підтримку.

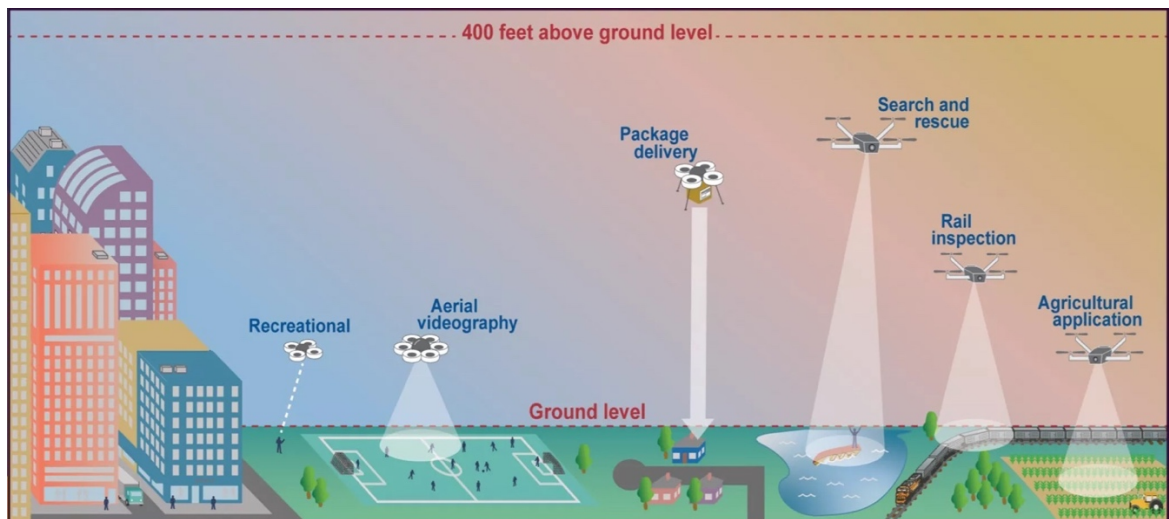


Рис. Приклади використання дронів у національній системі повітряного простору Джерело: <https://www.gao.gov/drone-operations>

## 2.2 Наземні автономні системи — приклади та проєкти

**Роботаксі Waymo One.** Одним із найвідоміших кейсів є сервіс автономного таксі **Waymo One** в околицях Фінікса. Після понад 10 млн миль тестування на дорогах компанія Waymo (Google/ Alphabet) у жовтні 2020 р. відкрила свій сервіс для широкої публіки, ставши першою компанією, що запропонувала **повністю безводійний таксі-сервіс** (23\*, 24\*). Електричні автомобілі Waymo (моделі Chrysler Pacifica та Jaguar I-PACE, обладнані лідаром, радарами і камерами) підбирають пасажирів через мобільний додаток без будь-якого водія чи оператора всередині. На початковому етапі зона покриття (~130 км<sup>2</sup>) обмежувалась передмістями Фінікса із невисокою щільністю руху. Але успіх пілотної експлуатації довів надійність технології: за даними Waymo, станом на 2022 р. їх роботаксі виконували по 1–2 тис. поїздок на тиждень, **без серйозних інцидентів** (62\*, 63\*). Ключові фактори успіху Waymo: багаторівнева система безпеки (дистанційний моніторинг автопарку диспетчерами, автоматичне зупинення при аномаліях, ретельна ODD — Operational Design Domain, тобто обмеження умов експлуатації), а також партнерство з місцевою владою Аризони, котра створила сприятливі умови (мінімум регуляторних бар'єрів). Цей кейс продемонстрував громадськості потенціал безпілотних таксі — особливо під час пандемії COVID-19 попит на безконтактні поїздки зріс (64\*). Успіх Waymo стимулював конкурентів: компанія **Cruise** (підрозділ General Motors) у 2022 р. запустила комерційні роботаксі в Сан-Франциско, а у 2023 р. отримала дозвіл на стягнення плати з пасажирів і вдень (раніше дозволяли лише нічні безлюдні поїздки). Інші техгіганти — **Uber, Lyft** — поки обрали стратегію партнерства (Uber уклала угоду з Waymo у 2023 р., інтегрувавши роботаксі Waymo у свій застосунок у Фініксі). **Проблеми та виклики:** навіть за успішного кейсу Waymo, масштабування на інші міста йде повільно. Станом на 2025 р.

повністю безпілотні таксі діють лише у кількох містах США. Перешкоди включають складність навігації в більш щільному і хаотичному середовищі (наприклад, Манхеттен), а також змішані реакції громади (в Сан-Франциско частина мешканців навіть блокувала роботаксі, кинувши на капот конуси, протестуючи проти тестів). Однак Waymo і Cruise постійно розширюють зони покриття, а державні органи (як CPUC у Каліфорнії) поступово дають «зелене світло» розширенню комерційних безпілотних послуг (65\*).

**Автономні вантажоперевезення.** Ще один напрям — безпілотні вантажівки на магістралях. Кейс компанії **TuSimple**: стартап, що спеціалізується на автономних фурах, у співпраці з UPS у 2019–2020 рр. здійснив серію випробувальних рейсів між Фініксом і Далласом на автономній вантажівці (з водієм безпеки). TuSimple досягла рівня, коли ~80% шляху вантажівка рухалася самостійно, і задекларувала мету прибрати водія взагалі. У грудні 2021 р. TuSimple провела **перший демонстраційний рейс без людини в кабіні**: 80-мильний маршрут по шосе в Аризоні пройдено автономно, при цьому поліцейські машини супроводжували ззаду та спереду. Цей експеримент став прецедентом, однак до комерціалізації ще далеко — стримувальним фактором є відсутність регуляторної бази на федеральному рівні для безводійних вантажівок, особливо щодо питань безпеки (наприклад, що робити при аварійній зупинці на трасі — нині закон вимагає виставити аварійний трикутник водієм) (66\*, 67\*). Інший кейс — **Embark Trucks**: компанія тестувала схему «перехідних хабів», коли автономна фура долає магістральну частину маршруту між двома хабами, а водії забирають причепа для розвезення «останньої милі». Це допомагає поступово впроваджувати автономність без негайного вирішення складних міських сценаріїв. У 2022–2023 рр. великі гравці (Waymo Via, Aurora) почали випробування з перевезення вантажів для логістичних клієнтів на півдні США. **Фактори, що рухають цю сферу:** брак водіїв-дальнобійників, економічний ефект від безперервного руху без перерв, а також те, що хайвеї є більш сприятливим середовищем для автопілота (впорядкованіший рух, розмітка, відсутність пішоходів). **Виклики:** нормативні обмеження (поки що жодна компанія не має дозволу повністю прибрати водія на комерційній основі), кібербезпека (захист від зламу), довіра вантажовідправників і профспілок. Однак практичні кейси демонструють технічну здійсненність автономних перевезень — зокрема, спільний пілотний проєкт компаній **Einride** й GE Appliances у 2022 р. показав, що електровантажівка з дистанційним оператором може виконувати регулярні рейси між складами (так звана модель Tele-Driving). Отже, в найближчі п'ять років очікується перехід від демонстрацій до обмежених комерційних операцій автономних вантажівок на окремих маршрутах.



**Наземні роботи спеціального призначення.** Варто згадати практичні застосування наземних дистанційних роботів у складних і небезпечних умовах, що вже стали буденною практикою. **Роботи-сапери (EOD robots):** у кожному великому поліцейському департаменті США є на озброєнні гусеничні роботи з маніпуляторами (наприклад, моделі Remotec ANDROS або iRobot PackBot), які дистанційно керуються оператором з пульта. Вони знешкоджували вибухові пристрої сотні разів — від бомб в автомобілях до підозрілих сумок. Такий робот, керований поліцією Далласа, навіть використовувався для нейтралізації озброєного злочинця у 2016 р. шляхом дистанційного підризу. **Військові роботи (UGV):** під час операцій в Іраку й Афганістані американські військові широко застосовували дистанційні платформи (MARCbot, TALON) для розвідки приміщень і пошуку мін, зберігши чимало життів солдатів. Нині армія США випробує більш автономні платформи — наприклад, безпілотні бронемашини-розвідники за програмою RCV (Robotic Combat Vehicle). Ці машини можуть самостійно йти попереду колони й передавати відео. Практичний досвід їх використання ще обмежений, але тестові навчання демонструють підвищення бойової ефективності підрозділів. **Сільськогосподарські роботи:** як практичний кейс можна навести робота **Thermal Weeder** компанії Carbon Robotics — це автономна платформа на колесах, що їздить між грядками та знищує бур'яни лазером, керуючись комп'ютерним зором. У 2021–2022 рр. десятки таких роботів працювали на полях Каліфорнії, замінюючи ручну прополку. Фермери відзначили скорочення витрат на гербіциди та робочу силу. Інший приклад — автономні трактори John Deere (9RX), представлені на CES 2022, які можуть орати поле без водія: фермер запускає трактор через мобільний додаток і контролює процес дистанційно (34\*, 68\*). Практичні випробування у 2022–2023 рр. (в штатах Іллінойс, Айова) показали, що така техніка виконує завдання, хоча потребує дуже точних цифрових карт полів і надійного геопозиціонування. Загалом, наземні дистанційні й автономні системи вже сьогодні виконують **нішу «3D» — Dull, Dirty, Dangerous** (монотонні, брудні або небезпечні роботи), підвищуючи безпеку й ефективність у практичних кейсах.

### **2.3 Водні дрони — приклади впровадження**

**Saildrone: безпілотники в ураганах.** Як вже згадувалось, американський стартап **Saildrone Inc.** спільно з NOAA реалізує унікальний проєкт використання безпілотних вітрильних апаратів для дослідження погодних феноменів. У 2019–2021 рр. щорічно в Атлантичному океані розгортали флот з 5–7 автономних **парусних дронів Saildrone Explorer** довжиною ~7 м, які дрейфують у заданих районах океану та збирають дані про температуру води, повітря, вітер і тиск (69\*, 70\*). У вересні 2021 р. один із цих дронів (позивний SD 1045) був цілеспрямовано наведений у центр урагану Sam. Апарат витримав

екстремальні умови (швидкість вітру 140 миль/год) і передав відео з висотою хвиль понад 15 м (71\*). Це перший в історії відеозапис із середини урагану, зроблений морським дроном. Отримані унікальні дані допомагають метеорологам краще зрозуміти процеси швидкого посилення ураганів (rapid intensification) і покращити прогнози, що має велике практичне значення для прибережних спільнот США (72\*). Цей кейс продемонстрував **ефективність морських безпілотників у зборі даних там, де надто небезпечно для людей або навіть літаків «мисливців за ураганами»**. Успіх привів до розширення місії: у 2022 р. NOAA збільшила кількість Saildrone до семи одиниць, додавши місії в Мексиканській затоці (72\*). Також Saildrone використовуються NOAA для **моніторингу рибних запасів** — у Тихому океані безпілотники патрулюють райони нересту риб, акустичними сенсорами оцінюючи біомасу (мета — оптимізація вилову і захист екосистем). Практичний урок цього кейсу: безпілотні морські платформи здатні працювати місяцями автономно, витримуючи штормові умови, і надають дані раніше недоступні науковцям.

**Дрони для морської логістики.** У портовій сфері цікавий кейс продемонструвала компанія **Sea Machines** (США), що розробляє системи автономного керування для суден. У 2021 р. Sea Machines на замовлення AP Moller-Maersk провела випробування **дистанційно керованого буксира**: буксирне судно з системою SM300 самостійно виконувало маневри в бостонському порту, оператор лише задавав команди зі штабу на березі. Це довело можливість **віддаленого керування судами в реальному часі** з використанням мереж 4G/5G. Протягом 2022 р. Sea Machines успішно реалізувала проєкт **MUNIN** — автономний промисловий катер, що може використовуватися для розливання протипожежної піни чи збору розливої нафти без екіпажу на борту. Ці кейси актуальні, бо щорічно в портах трапляються аварійні ситуації (пожежі на доках тощо), де відправка безпілотного судна знижує ризики для людей. Важливо, що у 2022 р. Берегова охорона США схвалила перший комерційний **віддалений морський проєкт**: поромний оператор в Алясці отримав дозвіл тестувати віддалене швартування порома за допомогою системи відео і лідача.

**Підводні роботи в індустрії.** Кейс компанії **Oceaneering** — провідного постачальника ROV-послуг для офшорної індустрії — показує, як дистанційні роботи інтегрувалися в щоденну практику. У Мексиканській затоці при обслуговуванні нафтових платформ цілодобово працюють важкі ROV типу Work Class: вони спускаються зі спеціалізованих суден на глибини до 2000–3000 м і виконують завдання, керовані по кабелю з поверхні. У 2020–2021 рр. Oceaneering протестувала **систему віддаленого управління ROV через супутник**: оператори сиділи не на судні, а в береговому центрі в Х'юстоні, отримуючи відео з глибини через Starlink. Це допомогло скоротити кількість персоналу на судах і залучити висококваліфікованих пілотів, не відриваючи їх від дому.

Результати тестів були успішні — затримка сигналу <1 сек, оператори успішно підключали й від'єднували нафтові шланги під водою. Цей кейс довів концепцію «**Internet of Remote Robotics**» у морі, і тепер кілька сервісних компаній розвивають подібні диспетчерські центри віддаленого пілотування. Інший напрям — **автономні підводні дрони-розвідники**. ВМС США у 2020–2022 рр. провела серію експериментів з автономними підводними апаратами («Hero» і «Razor») для обстеження портів на предмет вибухівки. Ці апарати запускаються з катера і без участі людини сканують дно гідролокатором, повертаються зі звітом. У 2022 р. один з таких дронів успішно виявив навчальну міну в порту Сан-Дієго. Практичний висновок: у водному середовищі автономні системи вже здатні виконувати «**нудні та небезпечні**» завдання (патруль, інспекція), але їх впровадження йде поступово, оскільки потребує адаптації міжнародних морських правил і великих інвестицій в обладнання.

### 3. Нормативна база і стандарти сертифікації операторів

#### 3.1 Регулювання повітряних дронів у США

**FAA Part 107 — базові правила.** У 2016 р. Федеральна авіаційна адміністрація запровадила **Правило Part 107** — перший комплексний набір правил для малих безпілотників (до 25 кг) комерційного призначення. Part 107 встановлює **основні обмеження і вимоги** для операцій БПЛА, які діють і донині (з невеликими змінами). Ключові положення:

- **Маса дрона** — до 55 фунтів (25 кг) (73\*). Усі апарати масою >0,25 кг мають бути зареєстровані в FAA (через сайт FAA DroneZone, оплата \$5) (74\*), і номер реєстрації слід нанести на дрон (75\*).

- **Лінія видимості (VLOS)** — польоти дозволені лише в межах прямої видимості оператора або спостерігача; використання біноклів чи камери не замінює вимоги see-and-avoid (76\*, 77\*). Одному оператору не можна одночасно керувати більш ніж одним дроном (77\*).

- **Обмеження щодо людей і транспорту.** Заборонено літати над учасниками операції, якщо ті не перебувають під укриттям (винятки потребують окремого дозволу) (78\*, 79\*). Також заборонено політ над рухомими авто (щоб уникнути відволікання водіїв) (79\*).

- **Висота і швидкість.** Максимальна висота — 400 футів (120 м) над рівнем землі; дозволено летіти вище, лише якщо дрон тримається в радіусі 400 футів від великої споруди (наприклад, оглядаючи вежу) (80\*). Максимальна швидкість — 100 миль/год (~87 вузлів) (81\*). Мінімальна видимість погоди — 3 милі (5 км) від місця управління (80\*).

- **Час доби.** Дозволені тільки **денні польоти** — від офіційного сходу сонця до заходу, з допуском 30 хв до/після при наявності проблискових вогнів на дроні (82\*, 83\*). Нічні польоти спочатку були заборонені без спецдозволу, але з 2021 р. FAA внесла поправки: польоти вночі дозволено, якщо дрон має яскраві антиколізійні маячки, видимі на 3 милі (59\*).


- **Повітряний простір.** Польоти в неконтрольованому просторі (клас G) можна здійснювати без додаткових дозволів (84\*). У контрольованому просторі поблизу аеропортів (класи B, C, D, частково E) необхідно завчасно отримати авторизацію від диспетчерської служби (85\*). Це зараз спрощено через електронну систему LAANC, яка видає автоматичні дозволи на висоти згідно з діаграмами зон аеропортів. Польоти в **заборонених зонах** (над військовими базами, в околицях Вашингтона DC тощо) — заборонені без винятків або окремого сертифікату COA.

- **Інші обмеження.** Заборонені польоти з рухомих транспортних засобів, окрім випадків, коли зона малонаселена (86\*). Не допускаються **необережні або безвідповідальні дії** з дроном, що ставлять під загрозу людей або майно (87\*). Заборонено перевозити небезпечні матеріали (наприклад, вибухівку) на дроні (88\*). Перед кожним польотом оператор повинен провести **передполітний огляд** дрона (батарея, двигуни тощо) (89\*).

**Сертифікація операторів (Remote Pilot Certificate).** Part 107 запровадив вимогу, що всі комерційні оператори повинні мати посвідчення **«Remote Pilot sUAS»**, яке видає FAA (90\*, 91\*). Для його отримання кандидат (віком  $\geq 16$  років) має скласти письмовий іспит в авторизованому центрі FAA або (для ліцензованих пілотів літаків) пройти онлайн-курс (92\*, 93\*). Іспит охоплює правила повітряного руху, безпеку польотів, метеорологію, обмеження повітряного простору тощо. Кандидат також проходить перевірку TSA на відсутність загроз авіабезпеці (91\*, 94\*). Посвідчення діє 24 місяці, після чого треба або скласти повторний тест, або пройти оновлювальний онлайн-курс FAA. Наявність сертифіката означає, що оператор розуміє свою відповідальність і здатен безпечно виконувати польоти. Для деяких специфічних операцій (наприклад, польоти для держструктур) FAA може видавати **сертифікат органу** (Certificate of Authorization, COA) — документ, що дозволяє агенції (наприклад, поліції) оперувати дроном із певними відступами від Part 107 (наприклад, нічні польоти або польоти без сертифіката пілота в навчальних цілях). Проте загалом саме Remote Pilot Certificate є золотим стандартом кваліфікації оператора БПЛА в США.

**Винятки і спеціальні дозволи.** З огляду на консервативні обмеження Part 107, FAA одразу передбачила механізм **індивідуальних відмов (waivers)**. Оператор може подати запит на виняток з окремих правил, довівши, що його операція буде не менш безпечною (95\*). Найпоширеніші відмови: польоти BVLOS, польоти вночі (до 2021 р.), польоти над людьми. За перші п'ять років дії Part 107 FAA видала кілька тисяч відмов, переважно для нічних польотів і роботи над людьми (наприклад, CNN отримала waiver на зйомку натовпів дроном вагою  $\leq 1,37$  кг із парашутом). Під час пандемії COVID-19 FAA прискорено надавала відмови для безконтактної доставки медичних вантажів дронами (8\*, 96\*). Крім того, для будь-яких комерційних польотів дронами понад 25 кг або для перевезення вантажів за плату на відстані FAA встановила окрему процедуру — **сертифікація за нормами авіакомпаній (Part 135)**. Як зазначено, Wing, UPS й Amazon пройшли цей складний шлях сертифікації, отримавши **14 CFR Part 135 Air Carrier Certificate**, що дає змогу виконувати доставку за плату поза візуальною видимістю (BVLOS) (97\*, 98\*). Для

цього компаніям довелося створити повноцінні експлуатаційні мануали, програми підготовки персоналу, техобслуговування дронів і навіть пройти перевірку відповідності ековимогам (NEPA) (99\*, 100\*). Отже, FAA фактично індивідуально сертифікувала перших «дронів-авіаперевізників», відкривши двері до регулярної авіадоставки.

	<p>Станьте сертифікованим дистанційним пілотом!</p> <p>Щоб керувати своїм дроном відповідно до Правил FAA щодо малих БПЛА (частина 107), ви повинні отримати Сертифікат дистанційного пілота від FAA. Цей сертифікат підтверджує, що ви розумієте правила, експлуатаційні вимоги та процедури безпечного польоту дронів.</p>
--	--

**Нові правила — Remote ID, Operations Over People.** Розвиток технологій і досвід пілотних програм змусили FAA оновити правила. У січні 2021 р. опубліковано дві важливі фінальні норми: **Remote Identification (Remote ID)** й **Operations Over People/Moving Vehicles** (101\*). Правило Remote ID вимагає, щоб з вересня 2023 р. усі дрони масою >0,25 кг під час польоту транслювали по радіоканалу ідентифікаційний код, геопозицію та інші дані, доступні для правоохоронців (101\*). Це своєрідний «номер на дроні» в цифровому вигляді, покликаний допомогти боротися з нелегальними польотами (наприклад, біля аеропортів). Друга норма легалізувала польоти над людьми та над рухомими машинами без відмови, але за чітких умов: дрони поділено на **4 категорії** за рівнем ризику травмування людини (визначається масою і наявністю пропелерозахисту). Для категорій 1–3 дозволені польоти над людьми за певних умов (наприклад, дрон  $\leq 250$  г — дозволено,  $>250$  г — тільки якщо не має деталей, здатних спричинити серйозну травму при ударі з повітря) (101\*). Категорія 4 (сертифіковані повітряні дрони) охоплює більші апарати, які мають пройти процедури як для пілотованих літаків. Також дозволено нічні польоти з маячками без окремих відмов. Найважливіше оновлення — правило щодо **польотів за межами прямої видимості (BVLOS)** (102\*). Комісія при FAA у 2022 р. надала рекомендації, а зараз

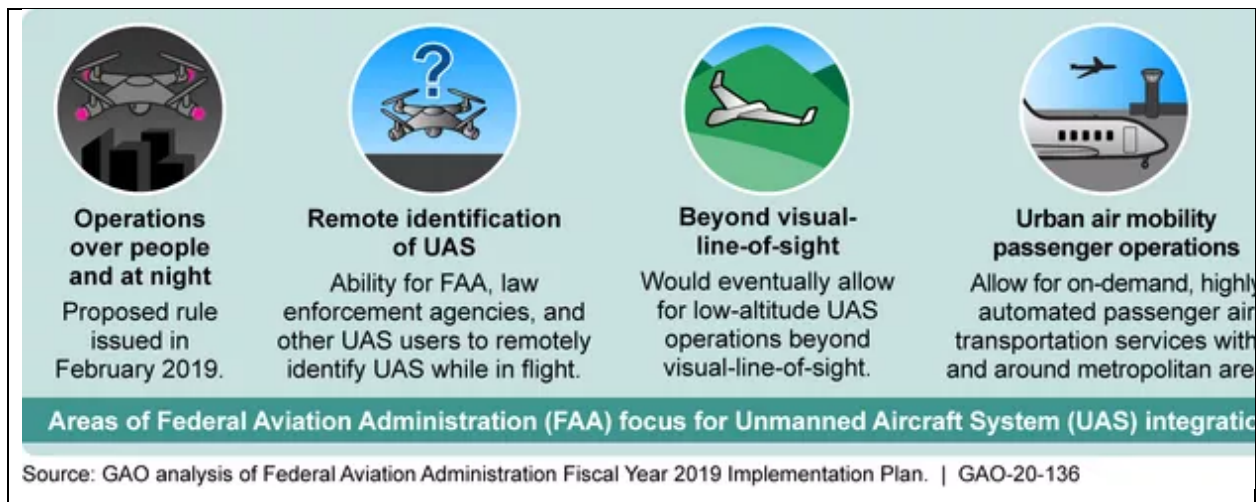
FAA розробляє норму, яка б стандартизувала вимоги для BVLOS (можливо, це буде нова частина 108 правил).

**Контрдрони та безпека.** Зі збільшенням кількості дронів виникла потреба в боротьбі з несанкціонованими апаратами (наприклад, дрони над летовищами чи тюрмами). У 2016 р. FAA запустила **програму виявлення дронів** в аеропортах у співпраці з DHS: компанії CACI, Gryphon Sensors та інші випробували системи радіочастотного та радарного відстеження дронів на летовищі Atlantic City (103\*, 104\*). У 2018 р. Конгрес уповноважив кілька агентств (ФБР, DHS тощо) застосовувати технології глушіння чи перехоплення дронів у випадках загрози. Це дуже чутлива сфера, адже контрдронові засоби (глушилки GPS, мережеві «вудки») можуть заважати законним польотам. GAO у 2024 р. відзначило, що FAA потрібно виробити план інтеграції контрдронових систем в аеропорти, не нашкодивши загальній інтеграції дронів (105\*). Наразі триває тестування таких систем у декількох великих аеропортах США.

**Загальна оцінка нормативної бази:** США створили досить гнучку систему регулювання, яка **балансує інновації та безпеку**. Part 107 забезпечив базові універсальні правила для масових комерційних операцій, тоді як механізми відмов і сертифікації відкривають шлях для просунутих сценаріїв. Підхід FAA еволюційний — спершу дозволяється просте (VLOS вдень), далі поступово додаються складніші речі (ночі, BVLOS) після збору даних від пілотних програм. Хоча деякі експерти критикують FAA за надмірну консервативність (наприклад, у звіті Національних Академій 2018 р. FAA названа «надто обережною» щодо дронів) (106\*), проте саме обережність допомогла уникнути важких інцидентів і поступово завоювати довіру суспільства. На кінець 2024 р. у США зареєстровано ~870 тис. дронів для розваг і ~320 тис. комерційних дронів (107\*), видано понад 300 тис. Remote Pilot сертифікатів — і всі ці учасники діють у правовому полі. Для порівняння, в Європі більш ліберальні норми (категорії відкритих/специфічних операцій) надають можливість ширше літати BVLOS і над людьми вже сьогодні, проте США свідомо йдуть обачнішим шляхом.

	Правила щодо малих безпілотних авіаційних систем (БПЛА)
---	---

## Сфери діяльності FAA щодо інтеграції дронів



**Сфери зосередження Федеральної авіаційної адміністрації (FAA) щодо інтеграції безпілотних літальних систем (UAS)** Джерело: Аналіз GAO плану реалізації FAA на 2019 фінансовий рік. GAO-20-136.

### Переклад тексту:

**Операції над людьми та вночі.** Запропоноване правило було видано в лютому 2019 року.

**Віддалена ідентифікація БПЛА.** Можливість для FAA, правоохоронних органів та інших користувачів безпілотних літальних апаратів дистанційно ідентифікувати БПЛА під час польоту.

**Польоти поза межами прямої видимості.** У майбутньому надасть змогу виконувати польоти БПЛА на малих висотах поза межами прямої видимості.

**Операції пасажирських повітряних таксі в міських районах.** Дозволяє роботу повністю автоматизованих пасажирських повітряних таксі на вимогу в межах міських територій.

## 3.2 Регулювання наземних (автономних) транспортних систем

**Роль федерального уряду та штатів.** Як вже зазначалося, в США немає єдиного федерального закону, що прямо регламентує **автономні автомобілі**. NHTSA (федеральний регулятор авто) випустила низку рекомендацій і роз'яснень. Серед них важливим був лист 2016 р., де NHTSA вперше окреслила **5 рівнів автономності** (SAE Levels 0–5) і закликала штати утриматися від створення суперечливих норм (108\*, 109\*). Конгрес кілька разів намагався ухвалити закон щодо автономних авто (був законопроект **SELF-DRIVE Act 2017**, що передбачав єдині федеральні стандарти і роль штатів у видачі дозволів на



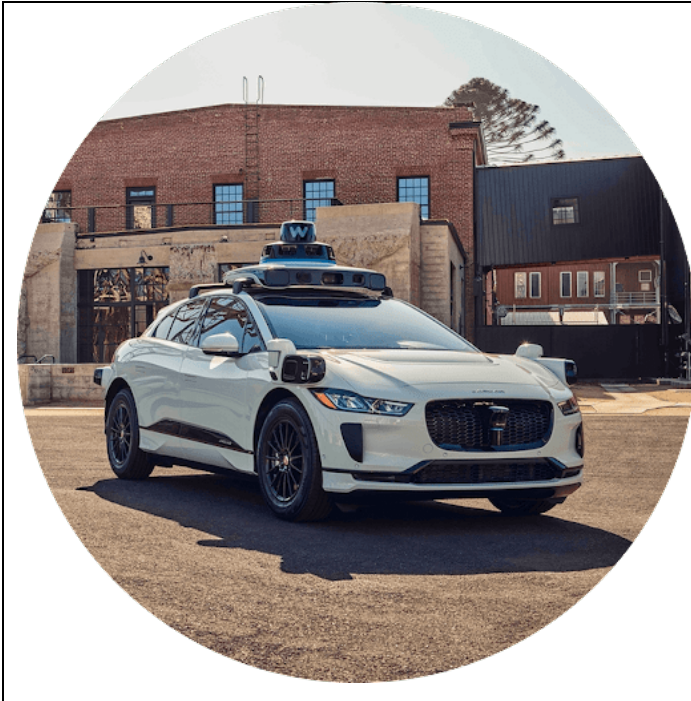
експлуатацію) (110\*, 21\*), але ці ініціативи застрягли. Тому **штати взяли ініціативу**: починаючи з Невади (2011 р.), що першою дозволила тестувати безпілотні авто, до 2022 р. Вже 39 штатів й округ Колумбія мали закони або виконавчі укази щодо автономних ТЗ (111\*, 112\*). Ці акти визначають вимоги до присутності оператора (фізично або дистанційно), страхового покриття, звітності про інциденти й відповідальності виробника. Наприклад, закони Джорджії (2017 р.) і Західної Вірджинії (2022 р.) проголосили, що **автопілот вважається водієм** і пасажиру не потрібно мати водійського посвідчення (28\*, 29\*). Багато штатів (Аризона, Техас, Флорида) дозволяють **комерційну експлуатацію** (наприклад, роботаксі) без водія за дотримання певних умов, таких як наявність віддаленого оператора, зв'язок із поліцією, резервні системи тощо. Навпаки, деякі штати, такі як Нью-Йорк, мали суворі вимоги: до 2021 р. там був обов'язковий поліцейний супровід кожного тестового автономного авто. Така мозаїка викликів: компанії пристосовуються, тестуючи авто переважно у сприятливих юрисдикціях. Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA) наразі також розглядає питання автономних вантажівок: у 2023 р. FMCSA спільно з компаніями (Waymo, Aurora) обговорювала можливі винятки з правил (наприклад, звільнення від вимоги, щоб зупинений вантажний автомобіль виставляв аварійні трикутники людиною) (66\*).

**Сертифікація та стандарти безпеки.** На відміну від авіації, де **кожен тип дрона має отримати сертифікат льотної придатності**, автономні авто в США сертифікуються як звичайні авто. Виробник має відповідати Федеральним стандартам безпеки транспортних засобів (FMVSS). Деякі з них, однак, не мають сенсу для авто без водія (наприклад, вимога педалей, дзеркал). NHTSA досі не оновила FMVSS для безпілотних авто, але почала видавати винятки (exemptions). У 2022 р. NHTSA надала перший виняток компанії Nuro, що дало змогу випустити на дороги невеликі доставні робомобілі без керма і сидінь (Nuro R2) в обмеженій кількості. Також у 2023 р. NHTSA розширила програму експериментальних винятків до 2500 одиниць на виробника (113\*, 114\*). Паралельно уряд стимулює вироблення стандартів безпеки через приватні організації (SAE, UL): так, у 2021 р. UL видала стандарт UL 4600 «Evaluation of Autonomous Products», що описує процес доказу безпеки для автономних систем (зокрема оцінку алгоритмів, відмовостійкості, кібербезпеки). Багато компаній дотримуються його добровільно. Щодо сертифікації операторів — таких ліцензій для «пілотів» автономних авто не існує. Коли автомобіль цілком автономний, пасажир нічого не робить, тому звичайного водійського посвідчення не потрібно (закріплено у законах кількох штатів) (29\*). Якщо ж йдеться про тестування з водієм-страхувальником, то компанії навчають таких водіїв внутрішньо і часто вимагають

спеціальних сертифікатів (наприклад, курс від Intel/Mobileye). У 2022 р. Каліфорнія вимагала, щоб усі віддалені оператори роботаксі (що стежать за машиною по моніторах) проходили спеціальний курс і мали досвід керування автономними авто.

**Регулювання малих наземних дронів.** Цікавий аспект — дрібні наземні роботи-доставники (вагою 30–50 кг, що їздять тротуарами зі швидкістю ~6 км/год). Такі пристрої, як роботи компанії Starship, потрапляють у правовий вакуум між пішоходами й транспортом. Декілька штатів (Вірджинія, Айдахо, Вашингтон) у 2019–2021 рр. ухвалили закони, що **визнали наземних доставних роботів категорією «Personal Delivery Device» (PDD)**, дозволивши їм рух по тротуарах і пішохідних доріжках за умов дотримання ліміту ваги (до ~50 кг) і швидкості (<10 км/год). Вимагалось також, щоб робот мав уніфіковане позначення, світлотехніку і був застрахований оператором. Такі закони спростили розгортання сервісів на кшталт Starship у кампусах і містах. На федеральному рівні поки що немає єдиних норм для PDD, але Національна асоціація міст працює над модельним актом.

**Дистанційно керовані наземні машини.** Ця категорія об'єднує військових роботів, але в цивільному секторі вона мало врегульована. Наприклад, компанія Phantom Auto надає системи **дистанційного водіння** (телеприсутність) для логістичних хабів: оператор, сидячи за пультом, може віддалено керувати навантажувачем чи вантажівкою. OSHA (управління з безпеки праці) поки не видав норм щодо такого керування, тому це вважається відповідальністю роботодавця — забезпечити, щоб віддалений оператор мав ті самі навички й дотримувався тих самих правил, що й присутній. Деякі штати, втім, планують запровадити вимоги ліцензування для **«дистанційних водіїв»** — наприклад, нормативи щодо часу реакції, медичних показників тощо.



Waymo Driver представляє ключову платформу компанії Waymo (Alphabet) для розвитку автономних наземних транспортних систем. Waymo Driver позиціонується як універсальний «водій штучного інтелекту», який можна інтегрувати в різні типи транспортних засобів — від роботаксі (Waymo One) до вантажівок (Waymo Via).

Джерело:

<https://waymo.com/waymo-driver/>

### 3.3 Регулювання водних і підводних безпілотних систем

**Морське право і безпілотні судна.** Традиційне морське законодавство (таке як міжнародні COLREGs 72) створювалося в епоху, коли на борту кожного судна був капітан і команда. З появою безпілотних кораблів виникла правова колізія: наприклад, COLREGs зобов'язують «судно завжди мати вахтового, що веде огляд і слухає», що неможливо на автономному судні. США, як і більшість країн, поки не змінювали свої закони під це — водночас, ІМО (Міжнародна морська організація) з 2018 р. почала опрацьовувати зміни до конвенцій для **морських автономних надводних суден (MASS)**. За даними GAO, ІМО планує ухвалити рекомендаційні стандарти для автономних суден у 2025 р., з перспективою внесення обов'язкових поправок до 2032 р. (115\*, 116\*). Берегова охорона США заявляє, що **поки що покладається на чинні норми** щодо конструкції та безпеки суден, вважаючи їх достатніми навіть для автономних кораблів (40\*). Простіше кажучи, до безпілотного судна висувають ті самі вимоги, що й до еквівалентного звичайного (щодо навігаційних вогнів, обладнання, протипожежних систем тощо). Якщо ж у законі чітко виписана вимога екіпажу (наприклад, US Code 46 § 8101 вимагає мінімум двох членів екіпажу на певних суднах), то наразі Берегова охорона має **нульову** можливість робити винятки — хіба що Конгрес надасть таке право чи створить пілотний режим (42\*, 117\*). Один такий пілотний режим вже існує: у 2020 р. Конгрес дозволив Береговій охороні видавати відступи від вимог до екіпажу для експериментальних суден, що відловлюють уламки ракет SpaceX в океані (42\*). Також Берегова охорона в лютому 2022 р. випустила **Політику лист 22-01**, яка дає орієнтири компаніям, що хочуть тестувати автономні судна: потрібен дистанційний

оператор-наглядач, система зв'язку, а тестовий район має бути віддалений від завантажених шляхів (43\*, 118\*). Це щось на кшталт «координованих випробувань» під спостереженням регулятора. Паралельно йдуть роботи над технічними стандартами: Американське бюро судноплавства (ABS) у 2021 р. видало документ «Guide for Autonomous and Remote Control Functions», який дає змогу класифікувати певні функції судна як автономні з підтвердженням їх надійності. Все це поки добровільно.

**Реєстрація та повноваження.** Безпілотні надводні чи підводні апарати в США не реєструються окремо, якщо вони прив'язані до материнського корабля. Але якщо автономний корабель має власний двигун і ходить у відкритому морі, його власник зобов'язаний зареєструвати судно під прапором (наприклад, Sea Hunter зареєстрований як експериментальне судно ВМС). Берегова охорона має право таке судно зупинити й оглянути, як будь-яке інше. Проте виникає питання відповідальності у випадку аварії: за міжнародним правом відповідальним завжди є власник судна і капітан. В разі автономного судна де-факто відповідальність лягає на компанію-власника та віддаленого супервайзера, але це ще не закріплено окремо в законах.

**Підводні дрони.** Для невеликих ROV/UUV (скажімо, робота для інспекції корпусу судна в порту) прямих правил немає. Їх визначають скоріше як обладнання, а не як «судно». Однак, якщо підводний апарат працює біля порту, його оператор має отримати дозволи від адміністрації порту, берегової охорони, щоб не створити небезпеку судноплавству (наприклад, повідомити координати роботи, час). У 2020 р. Берегова охорона США видала **Стратегію щодо безпілотних систем**, де зазначено, що вона розроблятиме **регуляторну базу для безпечного і законного застосування UxS у морі (119\*, 120\*)**, але конкретика ще попереду. Також триває міжнародна робота: ІМО треба вирішити, як будуть виконуватися вимоги SOLAS (конвенція про безпеку життя на морі) для суден без екіпажу — зокрема, вимоги щодо радіозв'язку (зараз кожне судно мусить щогодини приймати NAVTEX або слухати радіофір — на автономних це потребує автообробки).

**Висновок щодо регулювання водних дронів:** станом на 2025 р. США не мають детального регламенту, але не забороняють випробування. Іноді застосовується принцип «якщо не заборонено, то дозволено»: тому компанії та ВМС проводять експерименти, а за потреби отримують case-by-case дозволи від Берегової охорони. Очікується, що в наступні 5–7 років, коли ІМО схвалить масові стандарти, Конгрес США внесе зміни й національні нормативи підтягнуться (аналогічно, як було з адаптацією вимог до електронних карт замість паперових, чи дистанційного лоцмана).



**Unmanned Systems Strategic Plan** **Берегової охорони США (2025)** визначає інтеграцію безпілотних систем (UAS, USV, UUV) як ключовий інструмент підвищення ефективності морської безпеки, нагляду та реагування на виклики — від незаконної риболовлі до природних катастроф. Документ закладає стратегічний курс на поєднання автономних платформ з аналітикою даних й AI-рішеннями, формуючи передумови для системної інтеграції UxS у всі рівні діяльності Берегової охорони.

## 4. Огляд освітніх програм і підготовки операторів ДКБА

### 4.1 Підготовка операторів повітряних безпілотників

**Університетські програми.** США стали піонером у викладанні спеціальностей, пов'язаних з дронами. Ще у 2009 р. Університет Північної Дакоти (UND) першим започаткував бакалаврську програму «**Unmanned Aircraft Systems Operations**», випередивши решту світу (10\*). Перші п'ять студентів отримали дипломи з безпілотних систем у 2011 р., ставши **першими в США (і світі) випускниками з такою спеціальністю** (121\*). Програма UND поєднала пілотну підготовку (студенти отримували Private Pilot License на літаку) з новими курсами по безпілотниках — конструкція UAS, наземні станції, сенсори, планування місій, регулювання (122\*, 123\*). За 10 років програми (2009–2019) UND випустив 225 фахівців-безпілотників і підтвердив свою лідерську позицію, розвиваючи також науковий напрям (при університеті діє дослідницький центр UAS COE) (124\*, 11\*). Слідом за UND понад 50 вишів США ввели ті чи інші програми з дронів. Зокрема, провідний авіауніверситет **Embry-Riddle Aeronautical University** пропонує кілька програм: бакалавр «Uncrewed and Autonomous Systems» (з акцентом не тільки на авіадронах, а й на робототехніці загалом) (125\*), магістерські спеціалізації із застосування дронів у бізнесі. **Kansas State University Polytechnic** була серед перших, хто відкрив програму «BS in UAS» (2011 р.), орієнтовану на практичні навички пілотування та обслуговування малих дронів — цей кампус має власний випробувальний аеродром для студентів. **Liberty University**, **LeTourneau University** і кілька державних університетів (наприклад, University of Alaska Fairbanks, Arizona State University) теж запустили 4-річні програми підготовки операторів і менеджерів UAS. За даними на 2022 р., **понад 20 коледжів й університетів США** мають акредитовані програми з безпіотної авіації (126\*, 127\*). Навчальні плани зазвичай містять аеродинаміку і конструкцію БПЛА, основи програмування автономних польотів, практику управління різними типами дронів (мультикоптери, літаки), підготовку до іспиту Part 107, сценарії використання (аерофотозйомка, картографія, пошуково-рятувальні операції). Випускники часто отримують не лише диплом, а й сертифікати на конкретні компетенції (наприклад, сертифікат оператора інфрачервоної зйомки, якщо проходили відповідний модуль).

**Технічні коледжі та курси.** Окрім університетів, у підготовці кадрів для індустрії дронів беруть участь численні коледжі та навіть школи. FAA створила згадану вище ініціативу **Collegiate Training Initiative (CTI)**: навчальні заклади, що відповідають вимогам, вносять до офіційного списку FAA. Станом на 2021 р. до CTI приєдналося вже понад 70 інституцій по країні (13\*). Серед них — як великі університети (наприклад, Virginia Tech, Ohio State University), так і технічні коледжі (Cypress College в Каліфорнії —

перший запусив 2-річний Associate Degree з дронів) (128\*). Такі коледжі готують переважно **пілотів-операторів для малого бізнесу** та державних структур. Наприклад, **Northland Community and Technical College** (Міннесота) пропонує 1-річний диплом «Geospatial Intelligence with UAS emphasis» — випускники опановують управління дроном й аналіз геоданих і можуть працювати у фермерських або геодезичних компаніях. Багато курсів зосереджені суто на **підготовці до сертифікату Part 107**: у кожному штаті є приватні навчальні центри, що проводять 3–5-денні тренінги (вартістю ~\$500–1500) з теорії та практики польотів. **UNH Drone Academy** (Нью-Гемпшир) — приклад регіонального центру, який за кілька років навчив понад 600 пілотів із держустанов Нової Англії (129\*). Також з'явилися онлайн-курси (Pilot Institute, Drone Launch Academy), що допомагають зручно опанувати матеріал.


**Підвищення кваліфікації та спеціалізація.** З розвитком галузі з'являються вузькопрофільні програми. Для досвідчених пілотів FAA разом з AUVSI (Асоціація безпілотних систем) започаткували сертифікацію **Top Remote Pilot** — свого роду «марка якості» для пілота, що виконав певну кількість годин, місій і дотримався етичного кодексу. У державному секторі (поліція, пожежники) діють власні академії: **Texas Police UAS Training** пропонує курс із 40 год, де поліцейські навчаються літати дроном у сценаріях переслідування, пошуку зниклих, фотографування місця злочину. Пожежні департаменти проводять тренінги для операторів дронів із тепловізорами, щоб виявляти осередки пожежі. Більше того, деякі штати (наприклад, Огайо) інтегрували безпілотники в шкільну програму — школярам старших класів пропонують факультативи з основ авіамоделювання і дронів, готуючи їх до майбутньої кар'єри.

**Військова підготовка.** Оператори військових безпілотників (наприклад, MQ-9 Reaper) проходять навчання у ВПС за програмами, еквівалентними підготовці пілотів: спочатку курси повітряної навігації і тактики, потім спеціалізована школа RPA (Remotely Piloted Aircraft). У США є кілька військових шкіл: на базі Кріг (Невада) — школа операторів ударних БПЛА ВПС; у Армії — навчальний центр Fort Huachuca (Аризона) для операторів тактичних дронів (RQ-7 Shadow та ін.). Після служби багато з цих операторів знаходять роботу в цивільному секторі, зокрема в компаніях оборонного сектора або інструкторами.

**NOAA й інші відомчі програми.** Цивільні відомства, які використовують дрони (EPA, USGS, митниця тощо) організували власні курси підготовки. Наприклад, NOAA вимагає, щоб співробітник, який хоче керувати дроном у місії NOAA, окрім сертифіката FAA, пройшов внутрішню програму навчання — планування польоту над морем, заходи безпеки для людей і фауни, нормативи збереження даних (94\*, 39\*). NOAA навчає операторів виконувати перевірки повітряного простору, готувати ризик-менеджмент план і

підтримувати **кваліфікацію (currency)** — оператор має регулярно виконувати польоти, щоб зберегти навички (94\*). Подібно MBC (Interior) має свій тренінг для пілотів дронів-спостерігачів за дикою природою, де акцент іде на мінімізацію стресу для тварин.

**Інкубація талантів і STEM.** Окремо зазначимо, що у США приділяють увагу популяризації безпілотних технологій серед молоді. Існують сотні **шкільних гуртків дронів**, змагань (наприклад, AUVSI Student UAS Competition, Drone Racing League). FAA навіть має програму «**Youth Drone Initiative**» — співпрацю зі шкільними округами для проведення днів дрона, лекцій про кар'єру в авіації (130\*, 131\*). Це все поступово підживлює освітню екосистему: випускники шкіл приходять на університетські програми вже з базовими навичками керування БПЛА.

	<p>FAA започаткувала UAS Integration Pilot Program у 2017 році як пілотну ініціативу, що об'єднала державні, місцеві та плеємні уряди з приватними компаніями для апробації інтеграції безпілотних систем у Національну повітряну систему США. IPP суттєво вплинули на створення нових правил, політик та рекомендацій FAA, відкрили нові можливості для сфери доставки, аварійного реагування, агросектора, інспекцій інфраструктури й показали важливу роль громадської підтримки через активне залучення місцевих громад.</p>
--	--

#### 4.2 Підготовка операторів наземних і водних безпілотних систем

**Автономні автомобілі — новий профіль.** Хоча автономні авто прагнуть усунути водія, в реальності на перехідному етапі є потреба в **операторах випробувань і диспетчерах**. Компанії Waymo, Cruise й інші мають позиції «Autonomous Vehicle Test Driver» — ці фахівці повинні мати чинні водійські права, проходять інтенсивне внутрішнє навчання. Курс зазвичай вивчає особливості сенсорів й алгоритмів автопілота, процедури захоплення управління, симуляції різних дорожніх сценаріїв, а також навички концентрації (бо годинами треба пильно моніторити рух). Після навчання такі оператори здають іспит компанії, перш ніж їх допускають на випробування. В Каліфорнії DMV навіть вимагає, щоб всі водії-страхувальники пройшли **курс від виробника ТЗ**, а компанія зобов'язана надати DMV програму цього курсу при подачі заявки на тестування. Тож фактично формується



нова професія — «тест-водій безпілотників». Зарплати цих фахівців пристойні (\$25–30/год), і часто вони мають технічний бекграунд (дехто з них переходить потім на інженерні посади). Є і нова роль — **оператор дистанційного моніторингу** (remote fleet operator): такі співробітники сидять у диспетчерському центрі та спостерігають на екранах за кількома роботаксі одночасно, готові надати консультацію пасажирові чи допомогти авто, якщо воно потрапило в нестандартну ситуацію (наприклад, дорогу перегороджено конусами). Навчання на цю роль нагадує скоріше підготовку диспетчерів: вчать спілкуванню з клієнтами, процедурі екстреної зупинки, навігації автопарком, етиці прийняття рішень (бо оператор не керує авто, але може його зупинити чи викликати підмогу). Компанії поки тренують таких людей самотужки, хоча з'явилися приватні курси-провайдери.

**Роботи й робототехніка в освіті.** Більшість навичок для наземних дронів охоплюється напрямом **робототехніки й AI**. Провідні університети (Carnegie Mellon, MIT, Stanford) уже десятиліттями мають програми з робототехніки, що готують інженерів для автономного транспорту. Наприклад, Carnegie Mellon заснував ще в 1979 р. Robotics Institute, де народилися перші автономні автомобілі. Сьогодні багато випускників, що працюють над безпілотними авто, мають ступені в Computer Science чи Electrical Engineering зі спеціалізацією CV (комп'ютерний зір) або AI, а не якесь «водійське» посвідчення. Для техніків з обслуговування автопарків роботаксі програми теж адаптуються: декілька коледжів у Каліфорнії (De Anza College, San Francisco City College) у 2023 р. почали пропонувати сертифікат «EV/AV Technician», де студентів вчать діагностувати електроніку автопілота, сенсори LiDAR і працювати з даними.

**Курси для операторів наземних дронів спеціального призначення.** Це вузька ніша, зазвичай відомча. Наприклад, **арбітражні роботи-сапери**: ФБР проводить курси для своїх техніків щодо дистанційного керування роботами для вибухотехнічних груп. У цивільній сфері компанії-виробники ROV (як вже згадана Oceanering, VideoRay) мають власні навчальні центри, де проводять сертифікаційні курси для клієнтів. Типовий курс оператора ROV триває 2–4 тижні, містить тренажерне навчання на наземних стендах (контролер + відео зі штучними перешкодами) та практику в басейні чи на судні (45\*). Наприкінці випускник отримує сертифікат, часто за стандартом **IMCA ROV Pilot Grade II**, що є міжнародно визнаною кваліфікацією в офшорній індустрії. Схожа ситуація з операторами підводних дронів NOAA: NOAA проводить щорічні 1–2 тижневі школи для своїх дайверів й океанологів, де навчає керувати ROV для досліджень (наприклад, спуск маленького ROV до коралового рифу). До речі, під час цих курсів наголошують також на **командній роботі**: зазвичай при оперуванні ROV є три людини — пілот, навігатор і технік, тож тренують злагодженість команди.

**Підсумовуючи**, освіта і тренінг у сфері ДКБА в США намагається встигати за розвитком технологій. Якщо для авіадронів вже склалася розгалужена мережа навчальних програм і сертифікацій (Part 107 став стандартом, а університети продукують сотні фахівців на рік), то для наземних і водних систем освіта лише формується. Більше уваги поки йде на інженерну підготовку (створення систем), ніж на масову підготовку операторів, адже кінцева мета — мінімізувати роль оператора в наземних/водних аплікаціях. Проте, в перехідний період роль людини залишається критичною, тому компанії інвестують у **внутрішні програми навчання** та співпрацю з освітянами, щоб залучати кваліфіковані кадри.

## 5. Систематизація досвіду США та потенціал для України

### 5.1 Порівняльна характеристика програм впровадження ДКБА в США

**Повітряні ДКБА (авіадрони):** американський досвід показує, що успішне масштабне впровадження безпілотників в авіації спирається на скоординовані програми між урядом, бізнесом і наукою. Федеральні програми (FAA IPP, BEYOND) створили **платформи для експериментів**, що, з одного боку, допомогло технологічним компаніям випробувати сервіси (доставки, моніторинг) у реальних умовах, з іншого — дало регулятору дані для розробки правил. Структурно такі програми об'єднують освітні заходи (workshops, тренінги для місцевих пілотів), індустріальні партнерства (між стартапами й регіонами), сертифікаційні механізми (waivers, Part 135) та інкубаційні функції (створення кластерів розвитку дронів, як, наприклад, у Північній Дакоті чи Оклахомі, де є бізнес-інкубатори дронів при аеропортах). Завдяки цьому в США з'явився **новий сектор економіки** — за оцінками AUVSI, у 2023 р. ринок комерційних дронів США перевищив \$4,5 млрд, а кількість компаній-операторів дронів — понад 10 тис. Сфери застосування дуже різноманітні: **агросектор** (аерофотозйомка посівів, внесення добрив дроном), **будівництво і нерухомість** (аерозйомка, 3D-карти ділянок), **охорона правопорядку** (спостереження, розшук, контроль трафіку), **логістика** (доставка медикаментів у важкодоступні райони, як те, що тестували Wing та Zipline), **інспекція інфраструктури** (ЛЕП, вежі зв'язку, мости — FAA в 2022 р. видала 177 відмов на BVLOS спеціально для інспекцій ЛЕП, визнавши це ключовою суспільною потребою). Щодо **вимог до операторів**, то зусилля США зосередились на тому, щоб зробити сертифікацію доступною та масовою: понад 300 тис. сертифікованих Remote Pilots створюють великий кадровий резерв. Показово, що навіть поліція та пожежники отримують ті самі сертифікати FAA, тобто немає «кастовості» — єдина планка безпеки для всіх. Оператори дронів високого ризику (наприклад, дронів-розпилювачів у агро) можуть потребувати додаткових авторизацій (в цьому разі — сертифікат на роботу з пестицидами), але з погляду авіації — Part 107 покриває більшість сценаріїв.

**Наземні ДКБА (автономні ТЗ і роботи):** досвід США тут фрагментований через відсутність централізованого регулювання. Однак кілька спільних рис можна визначити:

1. **Поетапне впровадження через пілотні зони.** Компанії вибирають окремі міста/штати зі сприятливими умовами, де розгортають пілотні служби (Waymo у Фініксі, Cruise в Остіні). Ці пілоти діють як живі лабораторії — дані з них допомагають покращувати алгоритми й переконувати інших регуляторів у безпечності технології.

2. **Волонтаристська/вільна регуляція на рівні штатів.** Штати намагалися привабити інновації через спрощення правил — Аризона, наприклад, заборонила містам обмежувати роботахсі, давши компаніям впевненість. Водночас така різнорівнева регуляція призвела до «клаптикової ковдри»: наприклад, безпілотна вантажівка може їхати через кілька штатів, де вимоги суттєво різняться. У відповідь на це у 2023 р. адміністрація Байдена анонсувала намір створити єдині федеральні стандарти випробувань AV (132\*), але процес ще триває.

3. **Пріоритет безпеки й поступової довіри.** В усіх пілотних програмах компанії звітують про пробіг без аварій, виконують тести зловмисних сценаріїв. Регулятори (штати) часто вимагають публічних звітів (у Каліфорнії DMV щорічно публікує disengagement reports — звіти компаній про те, скільки разів за рік водій втручався в автопілот). Це створює прозорість і можливість громадського контролю.

4. **Підготовка кадрів і стандартизація.** Наземні дрони вимагають комбінації спеціалістів: інженери-розробники (AI, robotics) й оператори/диспетчери для нагляду. США зосередились на розбудові університетських компетенцій (лабораторії CMU, MIT «генерують» стартапи та фахівців), а також на розробці стандартів безпеки (SAE, UL). Окремої «ліцензії оператора AV» не запроваджено — натомість діє корпоративна відповідальність: компанія випустила авто на дорогу, то компанія і відповідає. Для України це означає, що можна перейняти певні шаблони (наприклад, зобов'язати операторів роботахсі проходити спеціальні тренінги й сертифікацію, але видавати їх на рівні компаній чи акредитованих центрів, а не робити «водійське посвідчення для робомобіля» від держави).

**Водні ДКБА:** у США розвиток безпілотних морських систем поки що менш комерціалізований. Основні драйвери — держустанови (BMC, NOAA). Тому практики впровадження — це або урядові контракти з компаніями (зразок: NOAA + Saildrone; BMC + Boeing Orca), або науково-дослідні експедиції (Scripps Institution випробує автономні підводні глайдери, фінансовані NSF). У регулюванні — ставка на **гнучкість**: дозволяти експерименти case-by-case, не стримуючи розвиток. Наприклад, коли Saildrone захотів зайти в порт після місії, Берегова охорона видала тимчасовий документ, який визначив його як «плавзасіб під наглядом» і зобов'язала мати супровідний катер на відстані видимості. Такі тимчасові рішення дають можливість не чекати роками на нові закони, а вже зараз користуватися технологіями. Значну роль у впровадженні відіграють **міжнародні проєкти**: США співпрацюють із Британією, ЄС у проєктах типу MAS (Autonomous Ship Mayflower). Отже, для України — де морська безпека і розмінування акваторій теж актуальні — американський підхід підказує: варто дозволяти пілотні використання (скажімо,

автономний катер для охорони гавані) через тимчасові регламенти, паралельно працюючи над гармонізацією з міжнародними нормами, що готуються.



### **Університет Північної Дакоти — програма UAS**

У 2009 році John D. Odegard School of Aerospace Sciences при UND стала першою в США установою, яка започаткувала академічну програму з операцій безпілотних літальних систем (UAS), проклавши шлях для академічного визнання цієї галузі. Станом на 2019 рік програма відзначила своє 10-річчя: із неї вийшли 225 випускників, а 159 студентів уже здобувають освіту за цією спеціальністю. За словами колишнього директора програми, UND не просто шукала можливості — вони «бігли назустріч» безпілотній авіації, навіть від часу, коли термін «безпілотні літальні системи» мало хто міг вимовити.

## 5.2 Перспективи впровадження успішних практик в Україні

Досвід США у сфері дистанційно керованих й автономних безпілотних апаратів є надзвичайно цінним для України, яка лише починає розвивати цю галузь. Аналіз дає змогу сформулювати кілька рекомендацій і можливостей:

**Розробка національної стратегії та пілотних програм.** Як і FAA з IPR, українським регуляторам (Державіаслужбі, МВС, Мінінфраструктури) варто ініціювати **пілотні проєкти з інтеграції БПЛА**. Наприклад, програма «Drone Integration Ukraine 2024» могла б об'єднати кілька міст/громад і приватних компаній для тестування конкретних сценаріїв: аеророзвідка в сільському господарстві, доставка ліків у села, моніторинг дорожнього руху тощо. Це дасть практичний матеріал для адаптації законодавства і водночас продемонструє суспільству користь від дронів. Такі проєкти можна фінансувати частково державою (гранти) та за участі донорів.

**Поділ безпілотників за категоріями ризику.** Американський досвід (Part 107, категорії польотів над людьми) показує ефективність підходу «легке регулювання для легких випадків, строге — для ризикованих». Україні доцільно у своїх правилах (нині діють Тимчасові правила використання повітряного простору для дронів) запровадити категоризацію операцій: відкриті (низький ризик, мінімум вимог), спеціальні (потребують оцінки ризиків і дозволів), сертифіковані (високий ризик, вимоги як до пілотованої авіації). Такий підхід, схожий на європейський, вже виправдав себе й у США, хоч і під іншими назвами.

**Навчання і сертифікація кадрів.** В Україні бракує системної підготовки операторів БПЛА — наразі є поодинокі курси від виробників чи ентузіастів. Варто перейняти американську модель **FAA СТІ**: залучити профільні ВНЗ (авіаційні, технічні) до створення програм підготовки за спеціалізаціями «Оператор безпілотних авіаційних систем», «Інженер з безпілотних систем». Уже зараз НАУ чи ХАІ могли б у кооперації з американськими університетами (через програми обміну) запустити пілотні навчальні курси. Також необхідно розробити національний екзамен на зразок FAA Part 107 — тест на знання правил, навігації, що стане обов'язковим для комерційних пілотів дронів. США довели, що такий іспит підвищує безпеку і професійність ринку.

**Регуляторні «пісочниці» для автономного транспорту.** У наземній автономії Україна має шанс не відстати, особливо враховуючи інтерес до проєктів як БпАК «Сокіл» (автономні платформи для військових). Варто використати підхід штатів США: дозволяти тестування автономних машин на визначених територіях. Наприклад, можна визначити технопарки чи полігони (можливо, навіть ділянки доріг) для випробувань безпілотних авто українських стартапів або іноземних інвесторів, прописавши спеціальні умови

(страхування, наявність дистанційного оператора). Це привабить компанії та допоможе створити в Україні осередки інновацій (на кшталт Google запускала Project Wing на базі університету Вірджинії — аналогічно й у нас можна співпрацювати з університетами).

**Запозичення досвіду в морській сфері.** Для українських ВМС і прикордонників дуже актуальні безпілотні системи (розвідка берегової зони, протимінні заходи). США надають Україні деякі технології (зокрема, ROV для розмінування портів). Необхідно **тренувати операторів** цих систем — тут допоможе співпраця з NOAA чи ВМС США у сфері тренінгу. Можна організувати спільні навчання на Чорному морі з використанням безпілотних катерів (можливо, також залучити Британію, яка активно розвиває цю сферу). На правовому рівні варто вивчити американські тимчасові рішення (Policy Letters) і на їх основі видати **накази командування ВМС/Держгідрографії** щодо використання безпечних суден — це створить основу для безпечного впровадження.

**Фокус на безпеку і довіру суспільства.** Як показав американський досвід, суспільне прийняття — ключ до успіху. Потрібні інформаційні кампанії, відкритість даних (наприклад, публікувати статистику польотів дронів над містами, звіти про інциденти). Також необхідно створити канали зворотного зв'язку: наприклад, застосунок чи вебфорум, куди громадяни можуть повідомляти про помічені небезпечні польоти чи, навпаки, пропонувати нові ідеї використання дронів. Це підвищить **легітимність** дронпроектів в очах людей. Загалом, США стали лідером у впровадженні безпілотних технологій через поєднання **прогресивного регулювання, інвестицій в освіту, державно-приватної співпраці та культури інновацій**. Для України цей досвід є дорожньою картою. Впроваджуючи найкращі практики, адаптовані до наших реалій, Україна зможе не тільки надолужити відставання, а й зайняти власну нішу в глобальному ринку ДКБА (приміром, наш досвід бойового застосування дронів зараз унікальний, і його можна конвертувати в розвиток галузі індустрії). Необхідна політична воля та координація між відомствами, бізнесом і наукою, але вигоди (підвищення безпеки, нові робочі місця, технологічний суверенітет) безперечно того варті.

#### **Список використаних джерел**

1. Federal Aviation Administration. «**Programs, Partnerships & Opportunities**» (FAA official UAS page). *Last updated March 20, 2025.* — Офіційна сторінка FAA щодо партнерських програм з інтеграції дронів. Описує бачення FAA про повну інтеграцію дронів у повітряний простір, перераховує ключові ініціативи (LAANC, BEYOND, UTM Pilot тощо) (133\*, 134\*).

**Анотація:** FAA визнає, що для гармонійного співіснування безпілотників і пілотованих літаків потрібна співпраця між урядом, індустрією й науковцями. Сторінка

вказує на основні програми, через які FAA цю співпрацю реалізує (наприклад, UAS Data Exchange, BEYOND). Це джерело підтверджує, що FAA мала цілісну стратегію інтеграції UAS і залучала різні сектори до пілотних програм.

2. U. S. Department of Transportation. «**Fact Sheets: UAS Integration Pilot Programs**» (Newsroom, May 9, 2018) (3\*, 1\*). — Пресреліз Мінітрансу США про старт програми IPP. Містить PDF з описами 10 обраних майданчиків (штатів/громад) та їх проєктів.

**Анотація:** Наголошено, що IPP має вирішити найскладніші проблеми інтеграції дронів і зменшити ризики для громадської безпеки, об'єднавши зусилля влади та приватного сектору. Згадується оцінка економічного ефекту — \$82 млрд та 100 тисяч робочих місць за десятиліття (3\*). Перелічено 10 пілотних регіонів-учасників програми (1\*). *Джерело важливе для розуміння структури й амбіцій IPP та конкретних напрямів (доставка, моніторинг, BVLOS) кожного з майданчиків. Показує державно-приватний характер ініціативи й очікувані вигоди, що обґрунтовувало її впровадження.*

3. GAO (Government Accountability Office). «**Drone Operations — Issue Summary**» (Science & Tech Spotlight, 2024) (135\*, 101\*). — Оглядовий матеріал GAO щодо розвитку дроніндустрії та регуляторних викликів. Містить оцінки зростання флоту дронів, заходи FAA (Remote ID, правила польотів над людьми), а також невирішені проблеми (фінансування FAA, UTM, контр-дрони).

**Анотація:** GAO відзначає значні соціально-економічні вигоди від дронів (доставка, пожежогасіння, військове застосування) і прогноз FAA: до 2027 р. комерційний флот зросте до 955 тис., а любительських дронів — ~1,82 млн (136\*). Відмічено видання у 2021 р. фінальних правил про Remote ID і польоти над людьми/авто й вночі без відмов (59\*). Підкреслено, що FAA готує правило про BVLOS у 2024 р. *Цей огляд підтверджує актуальні цифри й новітні регуляторні зрушення. Використаний для обґрунтування трендів зростання і опису правил Remote ID та «Operations over people».*

4. GAO Report GAO-23-105189. «**Drones: FAA Should Improve Its Approach to Integrating Drones into the NAS**» (Jan 26, 2023) (4\*, 137\*). — Доповідь GAO, що аналізує діяльність FAA щодо інтеграції дронів і дає рекомендації. Наводить огляд програм FAA (UTM Pilot, IPP, BEYOND) і процесу lessons learned.

**Анотація:** GAO встановило, що FAA не мала формалізованого процесу врахування уроків, здобутих через три пілотні програми (UTM, IPP, BEYOND) та обробку заяв на відмови (4\*). Рекомендовано впровадити такий процес: FAA у 2024 р. відзвітувала, що створила стандартизовану процедуру lessons learned, охопивши шість ключових практик (137\*). *Використано це джерело для підтвердження існування трьох основних пілотних*



програм (включно з IPP та BEYOND) та їх ролі. Також воно підкреслює необхідність системності при впровадженні інновацій — цю тезу ми врахували в рекомендаціях.

5. Federal Aviation Administration. «**Completed Programs and Partnerships — Focus Area Pathfinder, UAS Arctic, UAS Detection**» (FAA UAS page, 2022) (60\*, 103\*). — Опис трьох ініціатив FAA, що завершилися: Pathfinder (операції над людьми та BVLOS), Арктична програма та ініціатива з виявлення дронів.

**Анотація:** *Focus Area Pathfinder (2015–2017):* партнерство FAA з CNN, PrecisionHawk, BNSF, націлене на розробку концепцій безпечних польотів над людьми та BVLOS у сільській місцевості й над залізницями (139\*). До кінця 2017 р. всі три кейси досягли цілей — визначено параметри безпечних операцій у NAS, отримано операційні дозволи для цих партнерів й окреслено умови, за яких інші зможуть робити подібне (140\*). *UAS in the Arctic (2013–2015):* на виконання закону 2012 р. FAA створила постійні зони в Арктиці для тестування БПЛА. Перелічено конкретні місії: NASA використовувала ScanEagle і DataHawk для дослідження льодової зони, CopocoPhillips застосовувала ScanEagle для екологічних обстежень, BP — Puma AE для інспекції трубопроводів (141\*). *UAS Detection Initiative (2016):* FAA з командою DHS і компанією CACI провела 141 тест на аеропорті Atlantic City, перевіряючи технологію виявлення дронів біля летовища (103\*). Потім FAA уклала угоди з Gryphon, Liteye, Sensofusion для оцінки їх систем контрдрон (142\*), співпрацювала з FBI. Джерело використано, щоб підтвердити конкретні кейси: програма Pathfinder (для операцій над людьми/BVLOS), яка в співпраці з CNN, BNSF і PrecisionHawk досягла успіху (60\*, 140\*); а також ранні зусилля FAA у детекції дронів біля аеропортів (важливо для розділу про контрдрони).

6. FAA. «**Package Delivery by Drone (Part 135)**» — FAA УС сторінка, присвячена сертифікації комерційних доставок (оновлена після 2020) (49\*, 143\*). — Містить пояснення процесу Part 135 для дронів, типи операторів (Single-Pilot, Basic, Standard) та інформацію про компанії, що отримали сертифікат.

**Анотація:** Пояснюється, що Part 135 — єдиний шлях для малих дронів возити чужі вантажі за плату BVLOS (97\*). FAA адаптує стандартний процес сертифікації авіакомпанії до дронів, надаючи виключення від непридатних вимог. (144\*). Наведено список з шести операторів, сертифікованих на момент оновлення: *Wing Aviation, LLC* — перший, отримав сертифікат у квітні 2019 р. (спершу Single-Pilot, а в жовтні 2019 р. — Standard). У рамках IPP Wing доставляв їжу і ліки в Крістіансбурзі, тепер продовжує в програмі BEYOND (98\*). *UPS Flight Forward* — учасник IPP, перший отримав Standard Part 135; у вересні 2019 р. зробив першу доставку в WakeMed (медичний вантаж) дроном Matternet (145\*). *Amazon Prime Air* — перша компанія, що оперує дроном >55 фунтів під Part 135 Standard; почала

комерційні польоти в серпні 2020 р. в Орегоні (146\*). *Zipline International* — четвертий оператор, отримав сертифікат у червні 2022 р.; перший через програму BEYOND і перший фікс-крил під Part 135 (почав роботу в Шарлотті, NC) (147\*). *Causey Aviation Unmanned* — п'ятий, сертифікат у січні 2023 р., доставляє в Північній Кароліні (дрон Flytrex) (148\*). *DroneUp, LLC* — шостий, сертифікат у листопаді 2024 р., працює в Murphу, TX (149\*). *Джерело дуже інформативне: підтверджує факти про Wing (перша сертифікація, кейс IPP із доставками) (49\*); про UPS (перший стандартний оператор, кейс WakeMed) (12\*); про Amazon (початок операцій 2020) (146\*).* Всі ці дані використано в розділі кейсів. Також джерело підкреслює вимоги процесу сертифікації (наприклад, обов'язковий environmental assessment, concept of operations), що було згадано в контексті «високих вимог» для цих компаній.

7. ABC News (Tessa Weinberg). «**With FAA certification, Google's drone company set to start deliveries in Virginia**» (Apr 23, 2019) (47\*, 2\*). — Журналістський матеріал про подію: FAA наддала Wing сертифікат авіаперевізника, вперше для дронкомпанії.

**Анотація:** Оголошено, що Мінтранс (Елейн Чао) підтвердила сертифікацію Wing Aviation — це історичне перше схвалення, що відкриває шлях до запуску комерційної доставки в Вірджинії (47\*). Плани Wing: після консультацій із місцевою громадою запустити пілотну службу в Blacksburg і Christiansburg пізніше того ж року (150\*). Wing відмічає, що дрондоставка дасть нові можливості (швидше доставлення ліків і їжі, що особливо цінно для сімей, працівників зі змінним графіком) (151\*). Вказано, що Wing провів 70 тис. випробувальних польотів і 3 тис. доставок в Австралії для відповідності вимогам безпеки FAA (152\*). Цитата Елейн Чао: це важливий крок для безпечної інтеграції дронів в економіку, безпека — головний пріоритет (153\*). Також зазначено, що Wing's дані показали: доставка дроном менш ризикована для пішоходів, ніж поїздка машиною (51\*). Наприкінці підтверджено, що Wing співпрацювала з політехом Вірджинії в рамках IPP, де якраз відпрацьовували інтеграцію дронів у повітряний простір за участі місцевої влади (2\*). *Це джерело використовувалось для ілюстрації кейсу Wing: підтверджує дату і значення сертифікації (квітень 2019) (47\*), вказує, що Wing — випускник Google X, провів багато тестів (152\*), підкреслює важливість для регулятора (цитата міністра) (153\*). Також дає конкретику про місце запуску (Christiansburg) та участь у IPP (2\*). Це додало достовірності опису кейсу Wing у тексті.*

8. Holistic AI (Anisha Chadha). «**AI Regulations for Autonomous Vehicles [Updated 2025]**» (Jan 6, 2025) (21\*, 154\*). — Аналітичний блог про правове регулювання автономних авто у США на федеральному та штатному рівнях, з останніми оновленнями до 2025 р.

**Анотація:** У розділі «Federal Autonomous Vehicle Law» зазначено, що ключовим законом є H.R.3388 «SELF DRIVE Act» від 2017 р., прийнятий Палатою 9 червня 2017 р. Цей акт дає штатам можливість видавати власні закони щодо AV лише якщо вони ідентичні федеральним стандартам, фактично відкривши шлях для штатів ухвалювати своє законодавство (21\*). Вимагає також від Міністерства транспорту розробляти оцінки безпеки та створити Раду з автоматизованих авто. Далі перераховано нові законопроекти штатів у 2024 р.: Флорида (SB 1580, вводить обов'язок мати фізичного оператора у важких автономних машинах певного призначення на дорогах із 2024 р.) (155\*); Каліфорнія (AB 1777, 2024 р., вимагатиме, щоб автономні авто дотримувалися всіх ПДР, а штрафи накладалися як на людей) (156\*); Кентуккі (HB 47, 2024 р., дозволяє рух без водія, якщо виконано ряд умов — мінімізація ризиків, дотримання ПДР, надання фінгарантій) (157\*). Потім наведено приклади вже прийнятих законів: Міссісіпі 2023 (вважає систему водієм, вимагає план взаємодії з поліцією) (158\*); Джорджія 2017 (звільняє особу в автономному авто від вимоги мати водійські права; встановлює вимоги щодо повідомлення при ДТП і страхування) (159\*); Аризона 2021 (HB 2813, процедури використання, звітування про ДТП, стандарти обладнання) (160\*); Західна Вірджинія 2022 (HB 4787, вимагає реєстрацію, страхування, дотримання ПДР) (28\*). Зроблено висновок, що всі ці закони дозволяють автономний рух за умов: виконання ПДР, наявності страхування, планів на випадок аварій тощо (28\*). *Це джерело використовувалось для обґрунтування регулювання AV: із нього взято приклади законів штатів (Джорджія, Аризона, Міссісіпі та ін..) для підтвердження тенденції — наприклад, звільнення пасажирів AV від наявності водійського посвідчення (Джорджія), вимоги страхування і планів взаємодії з поліцією (Міссісіпі, Вірджинія). Також це джерело підтверджує, що на федеральному рівні SELF DRIVE Act був лише прийнятий Палатою, тобто не став законом, але задав напрямок (21\*). У тексті матеріалу ми використали ці дані, наприклад, зазначаючи про «деякі штати звільняють від водійських прав у автономному авто» з опорою на закон Джорджії 2017 р..*

9. Washington Post (Faiz Siddiqui). «**Waymo to launch fully driverless service to the public — a first just in time for the pandemic**» (Oct 8, 2020) (23\*, 24\*). — Новина про запуск Waymo безпілотного таксі для публіки в Фініксі.

**Анотація:** Waymo оголосив про відкриття повністю безводійного сервісу Waymo One для пасажирів у Фініксі, що є віхою для індустрії (і збігається в часі з пандемією, коли мінімізація контактів актуальна) (23\*). Компанія каже, що найближчим часом всі поїздки у Фініксі будуть без водія (раніше лише певний відсоток був бездрайверний) (161\*, 63\*). Спочатку доступ отримають чинні користувачі Waymo One, протягом кількох тижнів розширять на широке коло (162\*). Зазначається, що до пандемії Waymo надавала 1000–2000

поїздок на тиждень, 5–10% з них були повністю без водія (163\*). Наголошено, що Аризона стала меккою для таких тестів через ліберальні правила і клімат; хоча були й інциденти (випадок смертельного наїзду Uber 2018 р.) (164\*). Джерело використане для підтвердження факту: *Wayto у жовтні 2020 р. відкрило перший у світі роботаксі-сервіс для широкого загалу (Фінікс) (23\*)*. Також відзначено обсяги поїздок і процент бездрайверних рейсів до того (5–10%) (163\*), що ми згадали у тексті. Наголос на тому, що з початку пандемії це стало доречним (безконтактні поїздки) — цей аспект теж враховано. Джерело підкреслює роль Аризони як «лакс» регулятора, що допомогло це впровадити — це теж використано в аналізі («Аризона привабила компанії ліберальними умовами»).

10. North Dakota University System. «**UAS degree program reaches 10-year anniversary**» (Dec 7, 2019) (124\*, 10\*). — Стаття до 10-річчя програми БПЛА в Університеті Північної Дакоти (UND).

**Анотація:** З часу запуску програми бакалавра з UAS Operations у 2009 р. її закінчили 225 студентів; на момент публікації (2019) навчалося 159 осіб (124\*). UND Aerospace була першою школою, що запустила таку програму — це було «початком багатьох перших» у ND у сфері БПЛА (10\*). Цитується професор Бен Трапнелл, який розробив програму, створивши ядро з чотирьох курсів (системи БПЛА, наземні системи, комунікації і телеметрія, дистанційне зондування) — це була перша програма з операцій БПЛА в країні (122\*, 123\*). Згадується, що в травні 2011 р. UND випустив перших п'ять студентів з UAS-ступенями (всі мали ліцензії пілотів і мінімум троє працюють досі в індустрії) (165\*). До 2019 р. UAS все більше зливається з традиційною авіацією, і на думку директора програми Пола Снайдера, ця еволюція продовжиться (166\*, 167\*). Джерело цінне тим, що підтверджує: *UND — перший університет із програмою БПЛА (2009) (10\*), перший випуск — 2011 (5 осіб) (165\*), кількість випускників за 10 років (225) (124\*)*. Також описує структуру навчання, яку ми використали (чотири основні курси) (122\*). Використано в розділі про освіту як доказ лідерства UND і масштаб програми. Підтримує тезу про активність Північної Дакоти в UAS (що в тексті згадується як «кластери» ND).

11. sUAS News (Gary Mortimer). «**UND announces first unmanned aircraft grads**» (May 2011) (121\*, 168\*). — Коротка новина про випуск перших студентів із UAS-ступенем.

**Анотація:** Повідомляється, що серед ~1500 випускників весняного випуску UND будуть перші в країні випускники зі ступенем у сфері безпілотних авіасистем (121\*). Цитата керівника кафедри авіації Кента Лавлейса: «Це по-справжньому перша і єдина поки що така програма в країні, й це перші випускники з UASoperations будь-де» (168\*). Названо імена п'яти студентів та їх походження. Декан Bruce Smith: «Безпілотники мають колосальний

вплив на авіацію, UND на передовій, ми вже маємо 44 студенти на спеціальності та 78 на вступному курсі» (169\*, 170\*). Джерело підтверджує історичний факт: у травні 2011 р. випущено перших п'ять фахівців із БПЛА (121\*, 168\*), програма на той час була унікальною. Цитати додають авторитетності в твердженні, що це була перша програма у США.

**\*1, 3** *Fact Sheets: UAS Integration Pilot Programs* | US Department of Transportation  
<https://www.transportation.gov/briefing-room/fact-sheets-uas-integration>

**\*2, 47, 48, 50, 51, 106, 150, 151, 152, 153** *With FAA certification, Google's drone company set to start deliveries in Virginia* - ABC News

<https://abcnews.go.com/Politics/faa-certification-googles-drone-company-set-start-deliveries/story?id=62579102>

**\*4, 58, 137, 138** *Drones: FAA Should Improve Its Approach to Integrating Drones into the National Airspace System* | U.S. GAO

<https://www.gao.gov/products/gao-23-105189>

**\*5, 6, 9, 60, 61, 103, 104, 139, 140, 141, 142** *Completed Programs and Partnerships* | Federal Aviation Administration

[https://www.faa.gov/uas/programs\\_partnerships/completed](https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/completed)

**\*7** *Federal Regulation of Drones: UAS Integration Pilot Program*

<https://hurleyburish.com/federal-regulation-of-drones-uas-integration-pilot-program/>

**\*8, 59, 96, 101, 102, 105, 107, 135, 136** *Drone Operations* | U.S. GAO

<https://www.gao.gov/drone-operations>

**\*10, 11, 122, 123, 124, 165, 166, 167** *North Dakota University System* | UAS degree program reaches 10-year anniversary

<https://ndus.edu/2019/12/07/uas-degree-program-reaches-10-year-anniversary/>

**\*12, 49, 52, 53, 55, 97, 98, 99, 100, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149** *Package Delivery by Drone (Part 135)* | Federal Aviation Administration

[https://www.faa.gov/uas/advanced\\_operations/package\\_delivery\\_drone](https://www.faa.gov/uas/advanced_operations/package_delivery_drone)

**\*13, 127** *UAS Collegiate Training Initiative* | Federal Aviation Administration

[https://www.faa.gov/uas/educational\\_users/collegiate\\_training\\_initiative](https://www.faa.gov/uas/educational_users/collegiate_training_initiative)

**\*14** *One year on: assessing the challenges and achievements of the US ...*

<https://www.unmannedairspace.info/uncategorized/one-year-on-assessing-challenges-and-achievements-of-the-us-utm-implementation-programme/>

**\*15, 16, 17, 18** *USDOT Automated Vehicles Activities* | US Department of Transportation

<https://www.transportation.gov/AV>

**\*19** *USDOT AV Proving Grounds*

<http://www.nationalavpg.com/>

**\*20** *USDOT Awards Nearly \$60 Million in Advanced Vehicle Technology ...*

<https://highways.dot.gov/newsroom/usdot-awards-nearly-60-million-advanced-vehicle-technology-grants-arizona-texas-and-utah>

**\*21, 22, 27, 28, 29, 108, 109, 110, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160** *AI Regulations for Autonomous Vehicles [Updated 2025]*

<https://www.holisticai.com/blog/ai-regulations-for-autonomous-vehicles>

**\*23, 24, 62, 63, 64, 161, 162, 163, 164** *Waymo becomes first company to launch driverless ride-hailing to public - The Washington Post*

<https://www.washingtonpost.com/technology/2020/10/08/waymo-driverless-rides/>

**\*25, 26, 65, 66, 67, 111, 112** *Waymo - Wikipedia*

<https://en.wikipedia.org/wiki/Waymo>

**\*30** *Waymo adds 45 square miles of driverless ride-hailing service to ...*

<https://www.aztechcouncil.org/waymo-adds-45-square-miles-of-driverless-ride-hailing-service-to-phoenix-metro/>

**\*31** *University Campuses - The future of delivery - today!*

<https://www.starship.xyz/university-campuses/>

**\*32** *Starship Robot Delivery Now Available on 21 College Campuses*

<https://www.ottomate.news/p/starship-robot-delivery-now-available>

**\*33, 34, 68** *John Deere Reveals New Autonomous Machines & Technology at CES 2025*

<https://www.deere.com/en/news/all-news/autonomous-9RX/>

**\*35, 36** *Uncrewed Systems Overview | Office of Marine and Aviation Operations*

<https://www.oma.noaa.gov/uncrewed-systems>

**\*37, 70, 71** *Saildrone mission is helping scientists improve hurricane forecasts*

<https://research.noaa.gov/historic-noaa-saildrone-mission-did-more-than-set-records-its-helping-scientists-improve-hurricane-forecasts/>

**\*38, 39, 90, 91, 94** *What does it take to operate an uncrewed aircraft for NOAA? | Office of Marine and Aviation Operations*

<https://www.oma.noaa.gov/uncrewed-systems/news-media/article/what-does-it-take-operate-uncrewed-aircraft-noaa>

**\*40, 41, 42, 115, 116, 117** *GAO-24-107059, Coast Guard: Autonomous Ships and Efforts to Regulate Them*

<https://www.gao.gov/assets/gao-24-107059.pdf>

**\*43, 118** *[PDF] CG-CVC Policy Letter 22-01 February 16, 2022 - dco.uscg.mil*

<https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/DCO%20Documents/5p/CG-5PC/CG-CVC/Policy%20Letters/2022/CVC%20PL%2022-01%20Testing%20of%20remote%20and%20autonomous%20systems.pdf>

\*44 [PDF] Navigation Rules - uscg navcen

<https://www.navcen.uscg.gov/sites/default/files/pdf/navRules/navrules.pdf>

\*45 ROV Personnel and Training - Oceaneering

<https://www.oceaneering.com/rov-services/rov-personnel-training/>

\*46 NOAA deploys drones in the ocean and atmosphere to advance ...

<https://research.noaa.gov/noaa-deploys-drones-in-the-ocean-and-atmosphere-to-advance-hurricane-forecasting/>

\*54 Prime Air expands drone deliveries after FAA approval

<https://www.aboutamazon.com/news/transportation/amazon-drone-prime-air-expanded-delivery-faa-approval>

\*56 New approval to allow Prime Air to "effectively expand and scale ...

<https://postandparcel.info/156300/news/innovation/new-approval-to-allow-prime-air-to-effectively-expand-and-scale-drone-delivery-operations/>

\*57 UAS Traffic Management (UTM) Project

<https://www.nasa.gov/directorates/armd/past-armd-projects/utm-project/>

\*69 Saildrone Hurricane Monitoring 2021 NRT data, drone 1048 - Catalog

<https://catalog.data.gov/dataset/saildrone-hurricane-monitoring-2021-nrt-data-drone-1048>

\*72 Improving Hurricane Rapid Intensification Forecasting - Saildrone

<https://www.saildrone.com/missions/atlantic-hurricane-monitoring>

\*73, 76, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 88, 89 faa.gov

[https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2021-08/Part\\_107\\_Summary.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2021-08/Part_107_Summary.pdf)

\*74, 75, 77, 79, 83, 86, 87, 92, 93, 95 Small Unmanned Aircraft Systems (UAS) Regulations (Part 107) | Federal Aviation Administration

<https://www.faa.gov/newsroom/small-unmanned-aircraft-systems-uas-regulations-part-107>

\*113 Automated Vehicle Safety - NHTSA

<https://www.nhtsa.gov/vehicle-safety/automated-vehicles-safety>

\*114 NHTSA unveils new autonomous vehicle regulations to 'prevent ...

<https://www.repairerdrivennews.com/2025/04/28/nhtsa-unveils-new-autonomous-vehicle-regulations-to-prevent-patchwork-of-state-laws/>

\*119, 120 [PDF] Unmanned Systems Strategy Plan - dco.uscg.mil

[https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/DCO%20Documents/USCG-DCO-Unmanned-Systems-Strategic-Plan-v\(2025-03-20\)-508-Compliant.pdf?ver=NRoY7mV8TW\\_4Rcxkwoh-Qg%3D%3D](https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/DCO%20Documents/USCG-DCO-Unmanned-Systems-Strategic-Plan-v(2025-03-20)-508-Compliant.pdf?ver=NRoY7mV8TW_4Rcxkwoh-Qg%3D%3D)

\***121, 168, 169, 170** *UND Announces First Unmanned Aircraft Grads — sUAS News*

<https://www.suasnews.com/2011/05/und-announces-first-unmanned-aircraft-grads/>

\***125** *Bachelor's Degree Uncrewed and Autonomous Systems*

<https://erau.edu/degrees/bachelor/uncrewed-autonomous-systems>

\***126** *The 20 Best UAV Schools/Colleges with Drone Programs in 2025*

<https://www.neit.edu/blog/uav-schools>

\***128** *UAS / UAV Drone - Cypress College Career Education*

<https://careers.cypresscollege.edu/programs/uas-uav-drones/>

\***129** *Drone (UAV/UAS) Operator Certificate*

<https://training.unh.edu/certificates/drone-uavuas-operator-certificate>

\***130, 131, 133, 134** *Programs, Partnerships & Opportunities | Federal Aviation Administration*

[https://www.faa.gov/uas/programs\\_partnerships](https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships)

\***132** *USDOT to Develop National Rules for Self-Driving Cars within the ...*

<https://tiaonline.org/usdot-to-develop-national-rules-for-self-driving-cars-within-the-next-six-months/>



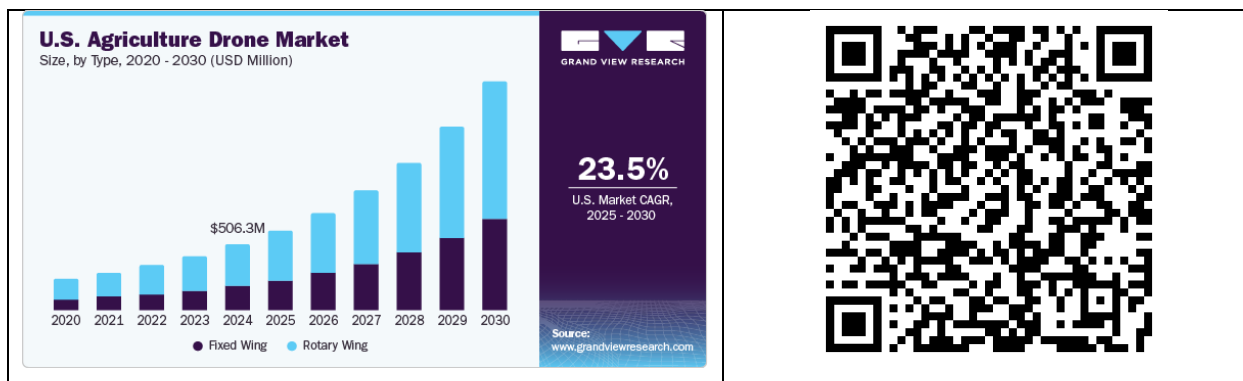
## 2. Огляд ринку дрон-технологій у США, основні виробники і постачальники

### Аналіз ринкової структури

**Сегментація ринку дронів.** Ринок безпілотних технологій (UAS — Unmanned Aircraft Systems) у США охоплює декілька основних сегментів за сферами застосування: аграрні дрони, промислові/комерційні дрони, військові дрони, екологічні (природоохоронні) дрони та споживчі (рекреаційні) дрони. Кожен із цих сегментів має специфічні сфери використання і тенденції зростання. **Аграрні дрони** використовуються в сільському господарстві для моніторингу посівів, внесення добрив і пестицидів та оцінки стану ґрунтів. У 2024 році обсяг ринку сільськогосподарських дронів у США оцінено приблизно в \$0,5 млрд й очікується стрімке зростання на ~23,5% щорічно у 2025–2030 рр. [1] завдяки державним програмам підтримки точного землеробства та субсидіям фермерам на впровадження дронів. **Промислові та комерційні дрони** охоплюють різні галузі — будівництво, енергетику, інфраструктуру, логістику, безпеку, медицину тощо. Застосування дронів для аерофотозйомки, інспекції об'єктів, моніторингу будмайданчиків і ліній електропередач стало ключовим драйвером цього сегмента. Наприклад, використання дронів для картографування та 3D-обстежень інфраструктури оцінюється в ~\$10 млрд глобально у 2023 році [2], а сектор енергетики та комунальних послуг є провідним користувачем дронів із прогнозом зростання його ринку з \$4,66 млрд до \$7,43 млрд до 2030 р. [2]. **Військові дрони** (включно з бойовими БПЛА, розвідувальними безпілотниками та безпілотними наземними/морськими платформами) формують найбільшу частку ринку за вартістю. У глобальному масштабі військові дрони забезпечують близько 48–50% сукупних витрат на дрони [3]. В США сегмент військових дронів також лідирує: за оцінками, на 2024 р. військові дрони матимуть найбільшу частку в ринку США завдяки зростанню оборонного бюджету і попиту на розвідувальні безпілотники [4]. **Екологічні дрони** використовуються урядовими та науковими установами (NOAA, NASA, Служба лісів тощо) для моніторингу довкілля, спостереження за дикою природою, оцінки наслідків змін клімату та стихійних лих. Хоча частка цього сегмента невелика, його значення зростає: дрони стали критичним інструментом для спостережень від атмосфери до океанських глибин — їх застосовують для проникнення в урагани з метою вимірювання сили штормів та для підрахунку популяцій тварин у віддалених регіонах [5, 6]. **Споживчі дрони** — це масовий ринок невеликих мультикоптерів для фото- та відеозйомки, розваг і спортивних перегонів. Кількість зареєстрованих рекреаційних дронів у США перевищує пів мільйона — станом на початок 2024 р. офіційно зареєстровано ~507 тис. дронів для особистого використання [7].

Популярність споживчих дронів стимулюється доступністю технологій стабілізації, високоякісних камер (4К та вище) та зростанням інтересу до аерофотозйомки і FPV-польотів. У 2023 р. ринок споживчих дронів США оцінювався в ~\$1,48 млрд [8], і прогнозується його подальше зростання ~на 10% щорічно до 2030 р. під впливом удосконалення функцій штучного інтелекту й автономності в бюджетних дронах, а також збільшення доходів населення [8].

### Зображення 1



**Частки ринку та динаміка розвитку.** Структура американського ринку дронів характеризується високим перекосом у бік військового та комерційного застосування в грошовому вимірі, тоді як за кількістю апаратів домінують споживчі дрони. За даними Федерального авіаційного управління (FAA), станом на середину 2024 року в США зареєстровано майже однакову кількість комерційних (383 тис.) і рекреаційних (392 тис.) безпілотників [9]. Однак комерційні та військові дрони значно дорожчі, тому в грошовому обсязі їх внесок набагато більший. У 2024 р. загальний обсяг продажів дронів у США оцінювався близько \$6,6 млрд [10], з очікуваним зростанням до \$31 млрд у 2034 р. (середньорічний приріст ~17%) [10]. Найбільше зростання демонструє саме військовий сегмент, підживлений збільшенням оборонних видатків і геополітичним напруженням у світі [4]. Комерційні застосування також швидко розвиваються — зокрема, дрони для будівництва, геодезії та агромоніторингу — завдяки підвищенню ефективності порівняно з традиційними методами (наприклад, інфраструктурні інспекції дронами прискорилися на 50% порівняно з ручними, а картографування полів скоротилось з тижнів до годин [11]). Споживчий сегмент зростає більш помірно, наситившись у верхньому ціновому діапазоні, але все ще зберігає стабільний приріст завдяки впровадженню нових моделей для любителів і «просюмерів» (просунутих аматорів) [12]. Водночас у США спостерігається бум дрібних стартапів і МСП у сфері дронів — близько 80% компаній ринку є малими (до 50 співробітників) [13], що свідчить про фрагментований, конкурентний ринок і низький бар'єр входу з інноваційними нішевими рішеннями.

Зображення 1 показує співвідношення зареєстрованих у США дронів за категоріями на 2023 рік. Комерційні дрони становлять приблизно 40% парку (близько 350 тис. од.), а рекреаційні — 60% (близько 517 тис. од.). Прогноз FAA свідчить, що до 2026 р. кількість комерційних безпілотників зросте вдвічі — до ~858 тис. одиниць [7], випереджаючи рекреаційний сегмент, оскільки бізнес-кейси для дронів розширюються (доставка товарів, інспекція мереж, громадська безпека тощо) та покращується регуляторне поле для їх використання. Загалом, динаміка розвитку ринку США позитивна у всіх сегментах: військові замовлення ростуть завдяки попиту на розвідку й ударні БПЛА, комерційний сектор масштабують великі корпорації (Amazon, Wing, Walmart) впроваджуючи доставки й автоматизовані склади, аграрії все більше інвестують в дрони для підвищення врожайності [14], а споживчий ринок стабільно оновлюється зацікавленням до фотографії та розваг із дронами. У перспективі до 2030 р. очікується суттєве розширення сфери послуг дронами (до \$58 млрд глобально) — наприклад, дистанційний моніторинг, шоу дронів, аеротаксі, що доповнюватиме продажі самих апаратів [15]. Отже, структура ринку дронів США стає дедалі більш диверсифікованою за застосуваннями, зберігаючи водночас домінування оборонних і критично важливих комерційних програм за обсягом фінансування.



#### **Прогноз продажів дронів у Сполучених Штатах (2024–2034)**

Продажі дронів у Сполучених Штатах у 2024 році становитимуть **\$6,58 млрд** і, за прогнозами, швидко зростатимуть із **середньорічним темпом зростання (CAGR) 16,9%** з 2024 по 2034 рік.

Fact. MR оцінює, що ринок Сполучених Штатів досягне значення **\$31,34 млрд** до кінця 2034 року.

## 2. Огляд провідних виробників

**Основні гравці ринку та їх спеціалізація.** На ринку безпілотних систем США діють як вітчизняні, так і зарубіжні виробники, що пропонують широкий спектр дронів — від компактних мультикоптерів до великих військових БПЛА, а також наземних і морських автономних роботів. Нижче перераховано ключові виробники та їх продукція.

- **SZ DJI Technology Co. Ltd (DJI)** — китайська компанія, безперечний світовий і американський лідер у виробництві дронів споживчого та комерційного призначення. Попри китайське походження, DJI займає близько 77–80% американського ринку дронів за кількістю проданих апаратів [16], значно випереджаючи всіх конкурентів. DJI відома лінійками мультикоптерів *Phantom*, *Mavic*, *Inspire* для аерофото- та відеозйомки, а також професійними платформами *Matrice* й агродронами *AGRAS*. У Північній Америці DJI присутня через дочірню структуру DJI North America та мережу дилерів. Компанія постійно впроваджує інновації — наприклад, у 2023 р. DJI анонсувала передову LiDAR-систему для професійної геодезії [17]. Домінування DJI на ринку пояснюється поєднанням високої якості, інновацій (система стабілізації, камера 4К, режими автономного польоту) і відносно доступних цін завдяки масовому виробництву. Водночас залежність американського ринку від DJI викликає застереження уряду США з огляду на кібербезпеку і спонукає розвиток альтернатив (програма Blue sUAS, про що — далі) [18].

- **Skydio** — провідний американський виробник дронів, штаб-квартира в Каліфорнії. Визнаний як найбільший виробник дронів у США [19], Skydio спеціалізується на автономних квадрокоптерах із передовим штучним інтелектом для обходу перешкод й автопілотування. Їх споживчі моделі (*Skydio 2*, *2+*) здобули популярність завдяки можливості автоматично слідкувати за об'єктом, уникаючи зіткнень, що приваблює відеографів і спортсменів. Для служб безпеки й армії компанія пропонує *Skydio X2D* і новітній *Skydio X10* — тактичні дрони з тепловізорами, захищеним зв'язком і відповідністю вимогам DoD (внесені до списку «Blue UAS2 як дозволені до використання урядовими структурами США»). Skydio акцентує на локальному виробництві та безпеці — дрони виготовляють у США, програмне забезпечення контролює компанія, що відповідає вимогам щодо відсутності «бекдорів». Інновації Skydio у сфері комп'ютерного зору й AI-пілотування задали новий стандарт автономності: їх дрони здатні самостійно оглядати інфраструктурні об'єкти чи переслідувати ціль, мінімізуючи втручання оператора. Це принесло Skydio великі контракти з оборонними відомствами, хоча бойове застосування у війнах (наприклад, в Україні) виявило і недоліки, такі як вразливість до радіоелектронної боротьби та висока вартість, через що на фронті перевагу надавали дешевшим моделям [20];

[21](#)]. Попри це, Skydio продовжує розвиватися, втричі збільшивши свою капіталізацію з 2021 по 2024 р. (до ~\$14 млрд) завдяки інвестиціям і держзамовленню [\[22\]](#).

• **AeroVironment, Inc.** — американський виробник безпілотників військового та подвійного призначення, один із головних підрядників Пентагону в сегменті малих БПЛА. Компанія спеціалізується на портативних розвідувальних дронах (серії *Raven*, *Wasp*, *Puma*) і баражуючих боєприпасах (*Switchblade 300/600* — так звані дрони-камікадзе). *AeroVironment* є **найбільшим постачальником малих дронів для Збройних сил США** [\[23\]](#) — зокрема, легкі розвідувальні БПЛА *Raven* використовуються на рівні взводів, *Puma* АЕ забезпечують спостереження з повітря на оперативному рівні, а баражуючі *Switchblade* стали відомі внаслідок постачання в Україну для ураження бронетехніки. Окрім того, *AeroVironment* розробляє безпілотні наземні машини та цілі системи управління БПЛА (*Crysalis* GCS). Компанія активно впроваджує інновації у військову сферу — наприклад, інтегрує штучний інтелект для автоматичного виявлення цілей. Значущою подією стало придбання компанією в 2021 р. фірми *Arcturus UAV*, що допомогло розширити лінійку більшими дронами (наприклад, *Jump 20* для армійської програми *Future Tactical UAS*). *AeroVironment* також робить внесок у комерційний ринок: у 2018 р. набула стартап *Liquid Sky* (агродрони), а у 2022 — компанію *Telerob* (виробника наземних роботів для саперів). У 2022–2023 рр. *AeroVironment* активно підтримувала Україну, безплатно передавши ЗСУ понад 100 безпілотників *Quantix Recon* для розвідки [\[24\]](#). Цей виробник поєднує глибоку оборонну експертизу з орієнтацією на нові ринки, такі як безпілотні системи спостереження за кордоном або охорона периметра.

• **Insitu Inc. (Boeing)** — американський виробник тактичних безпілотників, дочірня компанія Boeing. Відомий завдяки сімейству дронів *ScanEagle* — невеликих БПЛА далекого радіусу дії, які запускаються з катапульты й приземляються з допомогою троса (без смуги). *ScanEagle* широко застосовується ВМС і Корпусом морської піхоти США для спостереження, а також постачається союзникам. *Insitu* також випускає більший дрон *RQ-21A Integrator* для морпіхів (оперативно-тактичний БПЛА). Спеціалізація *Insitu* — **морські та важкодоступні операції**: дрони можуть діяти з кораблів, нафтових платформ, пересіченої місцевості. У партнерстві з Boeing компанія розвиває проекти і більших апаратів — наприклад, Boeing презентувала прототип морського підводного дрона *Echo Voyager*, а також будує в Іллінойсі завод з виробництва безпілотного палубного дозаправника *MQ-25 Stingray* для ВМС [\[25\]](#). Тісний зв'язок *Insitu* з Boeing забезпечує їй доступ до передових технологій авіації та масштабні виробничі можливості, тому *Insitu* залишається одним із ключових гравців у ніші військових розвідувальних дронів середнього класу.

• **Parrot SA** — французький виробник дронів, присутній на ринку США через дочірню компанію **Parrot Drones** і партнерів. Колись відомий популярними споживчими дронами (*AR.Drone*, *Bebop*), після 2017 р. Parrot переорієнтувався на комерційний та урядовий сегмент. Компанія розробила компактний **ANAFI USA** — дрон із 32× зум-камерою та тепловізором, який відповідає вимогам безпеки (NDAA-compliant) і збирається в США для постачання урядовим структурам [26]. ANAFI USA включений до програми DIU Blue sUAS як «надійний» безпілотник для силових відомств. Parrot також володіла швейцарською компанією **senseFly** (виробник фіксованокрылого дрона *eBee* для картографії) — ці рішення широко застосовуються в США для геодезії та сільського господарства. У 2021 р. senseFly була продана американській компанії AgEagle, але платформа eBee досі на ринку. Крім того, Parrot інвестує в програмні рішення — їй належить **Pix4D** (ПЗ для обробки аерознімків) і *Skycontroller* (апаратні контролери). Отже, Parrot зайняла нішу спеціалізованих дронів для професіоналів, пропонуючи компактні, але потужні системи спостереження, сумісні з вимогами американських замовників.

• **Autel Robotics** — китайський виробник, конкурент DJI, який активно просувається на ринку США. Autel відома серією дронів *EVO II* (з камерами 6K/8K) та новими *Autel EVO Lite*, *Nano* — прямими аналогами DJI для споживачів. Компанія намагається отримати симпатії американських користувачів, пропонуючи відкрите ПЗ, відсутність геообмежень польотів і підтримку в США. Хоч частка Autel поки невелика, у 2023 р. вона показала зростання, особливо після потрапляння DJI під санкції США [27]. Autel також відкриває офіси в США для бути ближчими до клієнтів.

• **3D Robotics (3DR)** — американський піонер дронів, заснований у 2009 р., колись один із лідерів ринку DIY-дронів. Відомий моделлю квадрокоптера *3DR Solo* (2015), який був популярним в ентузіастів. Однак 3DR не витримала конкуренції з DJI у «залізі» й у 2016 р. згорнула виробництво дронів, перейшовши на розробку програмного забезпечення (*Site Scan* для аерофотозйомки). У 2021 р. компанію 3DR поглинув стартап **Kitty Hawk** (проект Ларі Пейджа з аеротаксі) [28]. Нині спадщина 3DR живе у відкритих технологіях — багато її розробників доклалися до створення відкритої автопілотної платформи *PX4* і контролера *Pixhawk*, що використовуються багатьма іншими виробниками дронів. Хоч 3DR як бренд пішла з ринку апаратів, її внесок в екосистему (open-source програмне забезпечення, протоколи) став основою для численних комерційних БПЛА.

• **Інші виробники (повітряні дрони).** Варто згадати ще кількох гравців. **Auterion GS** — американська компанія, що просуває відкриту операційну систему для дронів (платформа PX4) і співпрацює з виробниками для створення екосистеми сумісних апаратів [29]. **Lockheed Martin** — оборонний гігант, що виробляє як великі дрони (наприклад,



оперативно-тактичний *Stalker XE*, що працює на метанолі), так й інвестиції в стартапи. Lockheed спільно з AeroVironment випускала міні-БПЛА *Desert Hawk* і розробляє високошвидкісні дрони-мішені. **General Atomics Aeronautical Systems (GA-ASI)** — виробник відомих стратегічних дронів *MQ-1 Predator*, *MQ-9 Reaper*, *MQ-1C Gray Eagle*. Хоча ці великі бойові БПЛА не є предметом комерційного ринку, їх слід згадати, оскільки GA-ASI домінує в ніші великих військових безпілотників США. Компанія пропонувала Україні передачу MQ-9 за символічну ціну, але угода не відбулася через високі експлуатаційні витрати (~\$10 млн за транспортування і \$8 млн щорічно на обслуговування) [18]. **Northrop Grumman** — ще одна оборонна корпорація, що створила стратегічний безпілотник *RQ-4 Global Hawk* для ВПС США, а також постачає армії автономні вертольоти-мішені (*MQ-8 Fire Scout*). Такі великі компанії грають роль системних інтеграторів, розвиваючи високотехнологічні платформи на замовлення військових.

**Виробники наземних і водних дронів.** Окрім літальних апаратів, ринок США містить розробників безпілотних наземних транспортних засобів (UGV — Unmanned Ground Vehicles) і безпілотних морських/підводних систем (USV/AUV — Unmanned Surface/Underwater Vehicles). У сфері **наземних дронів (роботів)** лідерами є оборонні підрядники та спеціалізовані робототехнічні фірми. Зокрема, **L3Harris Technologies** (США) і **Teledyne FLIR** (США) — великі постачальники наземних роботів для армії та служб безпеки [30]. *Teledyne FLIR* виробляє роботизовані комплекси розмінування (*PackBot*, *Talon*, *Centaur* — успадковані від поглинутих компаній Endeavor Robotics і QinetiQ NA), які широко використовують сапери. **General Dynamics Corporation** (США) розробила для армії безпілотний транспорт *SMET* (Small Multipurpose Equipment Transport), що здатний супроводжувати підрозділи, перевозячи вантажі [31]. **BAE Systems** (Велика Британія/США) також займається UGV, зокрема багатоцільовою платформою *Ironclad*. **Lockheed Martin** і **Northrop Grumman** інтегрують наземну робототехніку у свої оборонні програми. Окрім гігантів, у США діють стартапи: *Ghost Robotics* відомий своїми чотириногими роботами, що тестувалися ВПС США для патрулювання; *Clearpath Robotics* (Канада/США) постачає платформи *Husky* для дослідників; *Boston Dynamics* створила знаменитого робособаку *Spot*, який заковує поліція та рятувальники (формально *Spot* — дистанційно керований робот, тобто UGV). Сегмент наземних безпілотників у 2023 р. оцінювався приблизно в \$0,58 млрд у США [32] і зростає у військовому та промисловому секторі завдяки потребам в автоматизації небезпечних і рутинних завдань (розмінування, патруль, логістика на складах).

У сфері **морських дронів** (надводних і підводних) американський ринок також представлений кількома інноваційними виробниками. **Saildrone Inc.** — стартап із

Каліфорнії, що виробляє автономні вітро-сонячні безпілотні кораблі (*Saildrone Explorer, Voyager, Surveyor*). Ці USV обладнані сонаром, метеорологічними датчиками та камерами й здатні місяцями дрейфувати океаном, збираючи наукові дані. NOAA залучає Saildrone для спостереження за ураганами й екосистемами океану, зокрема у 2021 р. безпілотник Saildrone вперше зняв відео всередині урагану категорії 4[5], а також використовується для моніторингу популяцій риб і кліматичних досліджень. **Liquid Robotics** (нині підрозділ Boeing) виробляє знаменитий *Wave Glider* — автономний апарат на поверхні, що використовує енергію хвиль для руху; його застосовують ВМС США для розвідки та спостереження за морем. **Teledyne Marine** (підрозділ Teledyne Technologies) — великий гравець у підводних дронах; він поєднує колишні компанії *BlueView, Benthos, Webb Research*, що виробляють автономні підводні апарати (наприклад, глибоководні AUV *Bluefin*). **НІІ (Huntington Ingalls Industries)** — суднобудівна корпорація США, теж інвестує в безпілотні системи: нещодавно НІІ придбала компанію *Hydroid*, яка створила підводний дрон *REMUS* (використовується для мінної розвідки). Для потреб ВМС США розробляються і більші платформи — *Unmanned Surface Vessel (USV) Common* від *Textron* (автономний катер для протимінної боротьби), експериментальні кораблі *Sea Hunter* (протичовновий дрон) й *Overlord*. Отже, у водному сегменті американського ринку діють як стартапи, так і оборонні підрядники, що разом створюють умови для розвитку автономних флотів. Це поки відносно невеликий ринок за обсягом, але стратегічно важливий — ВМС і берегова охорона все більше цікавляться безекіпажними суднами для розвідки та патрулювання, а наукові установи — дешевшим збором океанських даних без відправки екіпажів у море.







CHUCK 3.0  
TECHNICAL SPECIFICATIONS

### 3. Дослідження постачальників компонентів

**Ключові виробники компонентів для дронів.** Індустрія дронів спирається на широку мережу постачальників комплектуючих: від електроніки (контролери, датчики, процесори) до енергетичних систем (акумулятори, двигуни) і програмного забезпечення. Нижче наведено основні категорії компонентів і провідні компанії-виробники в кожній з них:

- **Автопілоти та контролери польоту.** «Мозком» дрона є автопілотна плата, яка містить мікропроцесор, IMU (інерціальні датчики) і програмне забезпечення для стабілізації та навігації. Одним із піонерів у цій галузі є канадська компанія **MicroPilot**, що вже понад 20 років виробляє легкі настроювані автопілоти для малих БПЛА [33]. Їх рішення використовують понад 850 клієнтів, зокрема NASA і Raytheon, що свідчить про надійність технології [33]. Відкрита апаратно-програмна екосистема **PX4/Pixhawk**, яка виникла за участі 3DR, породила низку постачальників: американська **ModalAI** (вихідці з Qualcomm) випускає контролери **VOXL**, сумісні зі стандартом Pixhawk, і була обрана DoD для програми Blue UAS (автопілоти VOAXL 2) [34]; компанія **Auterion** розробляє прошивки й наземні станції управління на базі PX4 для корпоративних клієнтів [29]. Великий гравець — **DJI** — виробляє власні закриті контролери (NAZA, A3, др.) для своїх дронів, також пропонуючи SDK для розробників. Ще одна категорія — високонадійні автопілоти для військових: тут лідирує американська **Cloud Cap Technology** (дочірня **Collins Aerospace**) з модулем *Piccolo*, а також **BAE Systems** і **Northrop Grumman** мають власні рішення для великих БПЛА. Постачальники автопілотів є критичним вузлом, оскільки від них залежить стабільність і безпечність польоту; тому і DoD, і NASA приділяють увагу розвитку вітчизняних контролерів.

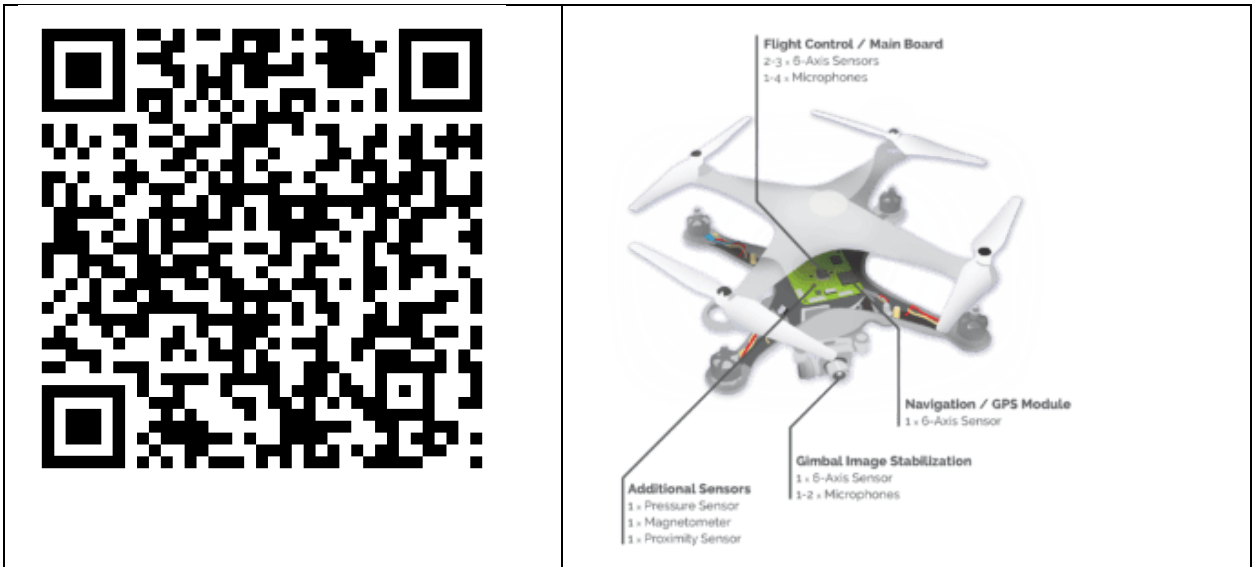


#### **Топ 5 компаній-постачальників складових для дронів, DRONELIFE (6 вересня 2016)**

У матеріалі DRONELIFE виокремлено п'ять ключових компаній, що виробляють важливі компоненти для безпілотних літальних апаратів.

• **Процесори та чипсети для AI.** Сучасні дрони дедалі більше залежать від обчислювальних модулів для комп'ютерного зору, обробки сенсорних даних, навігації з використанням ШІ. В цьому сегменті **NVIDIA** посіла помітне місце завдяки своїм графічним процесорам і системам на чипі (SoC). Наприклад, процесор **NVIDIA Tegra** було інтегровано в бортовий комп'ютер DJI Manifold, що додається до дронів DJI для задач AI [35]. DJI заявляла, що завдяки цьому їх платформи отримують можливості глибокого навчання — розпізнавати об'єкти й ухвалювати рішення автономно [36]. NVIDIA конкурує з **Qualcomm** (платформа Snapdragon Flight) і **Intel** (яка випускала модулі Movidius для дронів). Intel колись зайшла на ринок дронів, придбавши Ascending Technologies, і випустила дрон *Falcon 8* для індустрії, але згодом згорнула виробництво, зосередившись на компонентах. Втім, Intel залишилася другим після DJI постачальником дронів у США (переважно через світлові шоу-дрони Shooting Star), посідаючи ~3,7% ринку [16]. Це свідчить, що вклад технологічних гігантів у компоненти — значний: їх сенсори та чипи застосовуються багатьма оригінальними виробниками (OEM).

• **Датчики й оптика.** Для навігації та збору даних дрони оснащуються численними сенсорами. Ключовими є MEMS-датчики (акселерометри, гіроскопи, магнітометри) — тут американська **InvenSense (TDK)** є лідером ринку, постачаючи чипи для стабілізації та орієнтації [37]. InvenSense виробляє мікрогіроскопи й акселерометри, необхідні для контролю польоту і роботи підвісів камер. Інша критична складова — камери та об'єктиви. Модулі камер високої роздільної здатності здебільшого постачаються японськими компаніями (наприклад, сенсори **Sony** займають ~70% ринку матриць для камер дронів). Проте виробники дронів США та Європи інтегрують також тепловізійні камери — головний постачальник тут **Teledyne FLIR**, що виготовляє легкі інфрачервоні камери *FLIR Vue, Tau* спеціально для безпілотників. Для 3D-сканування та обходу перешкод усе більшого значення набувають **LiDAR**-датчики; американська **Velodyne** та її конкурент **Ouster** пропонують компактні лідари, які встановлюються на дрони для картографування місцевості або обліку лісів. Додаткові сенсори — ультразвукові далекоміри, радары доплерівські, датчики випромінювання — це все ніші, де працюють численні спеціалізовані фірми (наприклад, Echodyne — мікрорадары для дронів, Black Swift Technologies — атмосферні датчики).



• **Джерела живлення і двигуни.** Більшість дронів використовують електричні силові установки — двигуни постійного струму (BLDC) й акумулятори (літій-полімерні, літій-іонні). Найпоширеніші виробники безколекторних моторів — **T-Motor** (Китай) та **HobbyWing**, але в США є компанії, що виробляють двигуни для військових БПЛА (наприклад, **Neva Aerospace**). На ринку акумуляторів домінують азійські концерни (Panasonic, LG, Samsung SDI), проте американські стартапи (як-от **SolidEnergy Systems**) працюють над літій-металевими акумуляторами з підвищеною щільністю енергії, що могли б суттєво подовжити час польоту дронів. Для великих БПЛА використовуються й традиційні двигуни внутрішнього згоряння або гібридні установки. Так, компанія **Orbital UAV** (Австралія/США) постачає важкі бензинові двигуни для армійських дронів (ScanEagle, Integrator). Критичними компонентами живлення є також системи управління живленням та електроніка регуляторів швидкості (ESC). Тут показовий приклад **TransDigm Group**, великого виробника авіаційних комплектуючих: TransDigm через свої численні дочірні компанії постачає батареї, зарядні пристрої, силову електроніку для дронів і давно працює з військовими контрактами [38]. Це підкреслює тісний зв'язок між традиційним авіапромом та індустрією дронів — багато постачальників літакобудування розширили асортимент на дрібні комплектуючі для UAS.

• **Програмне забезпечення й алгоритми.** Окрім заліза, важливими постачальниками є розробники програмних рішень для дронів. Наприклад, **DroneDeploy** та **Pix4D** — провайдери софту для планування польотів й аналізу зображень, що широко застосовується комерційними операторами. **UgCS (SPH Engineering)** — створює наземні станції для мультиплатформного управління дроном, **AirMap** (тепер частина DroneUp) — платформа для управління повітряним трафіком дронів (UTM). У сегменті військового ПЗ фірми як **Shield AI** (вони ж купили Martin UAV) розробляють П-алгоритми навігації для

дронів у приміщеннях та роїв дронів. Більшість виробників дронів також надають власне ПЗ — DJI має додатки DJI GO, Pilot для контролю своїх дронів, Parrot — платформу ANAFI SDK, Skydio — Cloud для управління флотом. Отже, **екосистема постачальників компонентів є глобальною й різноманітною**: американські компанії грають ключову роль у високотехнологічних компонентах (автопілоти, сенсори, ПЗ), тоді як масове виробництво двигунів, батарей, корпусів багато в чому зосереджено в Азії. Це породжує виклики для США щодо надійності ланцюгів поставок, особливо враховуючи геополітичні ризики.

**Сервісне обслуговування, навчання і підтримка.** Для ефективного впровадження дронів користувачам потрібна розвинута інфраструктура сервісу та навчання. У США сформувався окремий сегмент компаній, що надають **послуги з обслуговування та ремонту дронів**. Наприклад, офіційні сервісні центри DJI в Каліфорнії та Нью-Йорку забезпечують гарантійний і післягарантійний ремонт тисяч споживчих дронів щороку. Існують і незалежні майстерні (як *Drone Nerds* у Флориді чи *UAV Repair Shop*), котрі спеціалізуються на ремонті певних моделей. Для військових систем контракт на обслуговування часто виконує сам виробник (AeroVironment має польових інженерів для підтримки Raven/Puma у військах).

Навчання операторів — ще один важливий компонент індустрії. FAA ввело обов'язкову сертифікацію *Part 107* для комерційних пілотів дронів, тому виникло багато тренінгових організацій. Компанії **Pilot Institute, Drone Pilot Ground School, Unmanned Vehicle University** — пропонують курси підготовки до іспитів FAA, навчання методик аерозйомки, інспекції тощо. Також виробники дронів проводять власні навчальні програми: наприклад, **Skydio** організує курси для поліцейських департаментів із тактики використання дронів, **Parrot** співпрацює з коледжами в програмах STEM, DJI підтримує мережу сертифікованих інструкторів (DJI Academy).

Післяпродажна підтримка поєднує постачання запчастин, оновлення програмного забезпечення та консультації. Більшість виробників через інтернет надають оновлення прошивок і техпідтримку. Для корпоративних клієнтів діють програми на кшталт **DJI Enterprise Shield** (страхування і заміна дрона у разі падіння), **Skydio Premier Support** (цілодобова підтримка та розширена гарантія).

Окремий напрям — **послуги «дрон-як-сервіс»**. Набувають популярності компанії, що беруть на себе виконання завдань за допомогою дронів для клієнтів. Наприклад, **PrecisionHawk** раніше пропонувала послуги аерообстежень «під ключ», **DroneBase** (зараз *Zeitview*) — мережа пілотів по країні, які виїжджають за запитом для зйомки нерухомості чи інспекції вітряків. Новітня тенденція — створення онлайн-маркетплейсів, де замовники

можуть знайти сертифікованого пілота під свій проєкт. У 2025 р. на виставці XPONENTIAL презентовано платформу **Wow Drone** — глобальний онлайн-маркетплейс для бронювання послуг операторів дронів [39]. За оцінками Drone Industry Insights, ринок комерційних послуг дронами у світі досяг ~\$17 млрд у 2023 і може зрости до \$58 млрд у 2028 [15]. Такі платформи, як Wow Drone, прагнуть консолідувати цей ринок, спростивши пошук виконавців і підвищивши завантаженість сертифікованих пілотів.

Отже, компонентна база і підтримка експлуатації дронів у США — це комплексна екосистема. Вона поєднує високотехнологічних виробників сенсорів й автопілотів (часто прихованих за лаштунками брендів дронів), традиційні аерокосмічні корпорації, що адаптували свої рішення під UAS, а також мережу сервісних й освітніх компаній, які забезпечують **життєвий цикл** дрона від виробництва до утилізації. Різноманіття постачальників підвищує стійкість індустрії, але водночас вимагає стандартів сумісності й контролю якості, щоб усі компоненти надійно працювали разом у готовому продукті.



У рамках XPONENTIAL 2025 авіаційна конференція та виставка, WOW Drone — стартап зі штатом зацікавлених (фінансових моделей) — представив глобальну платформу **WOW Drone**, що об'єднує пілотів і сервіс-провайдерів БПЛА з клієнтами у системі онлайн-букінгу. Це «all-in-one» рішення пропонує швидкий, прозорий і безпечний пошук та замовлення дрон-сервісів, охоплюючи такі можливості, як карта пілотів, підтримка клієнтів, зберігання даних й інструменти інтерпретації результатів.

#### 4. Вивчення тенденцій розвитку

**Технологічні інновації: автономність, ШІ, гібридні платформи, нові методи навігації.** Сфера дронів стрімко еволюціонує під впливом новітніх технологій, і декілька ключових трендів визначають обличчя індустрії у 2020-х роках. Один із них — **зростання автономності дронів** завдяки штучному інтелекту. Інтеграція ШІ дала дронам змогу виконувати дедалі складніші завдання без участі людини: наприклад, сучасні безпілотники з комп'ютерним зором можуть самостійно облітати перешкоди, розпізнавати об'єкти на землі (людей, техніку), обирати оптимальний маршрут [40]. Алгоритми глибокого навчання впроваджуються для виявлення аномалій в інфраструктурі (тріщин, витоків) на фото з дронів, а також для координування груп дронів (*swarming*). У військовій сфері тривають експерименти з **гуртами дронів**, де десятки апаратів координовано діють разом — це стало можливим завдяки ШІ-агентам, що розподіляють ролі між дронами та реагують на зміну обстановки в реальному часі. Прогрес в ШІ також привів до появи **навігації без GPS**: дрони можуть орієнтуватися за допомогою комп'ютерного зору (визначаючи місцевість по камері), інерціальної навігації з поправками на об'єкти, або навіть використовуючи сигнали стільникових мереж і зірок. Це важливо для дій в умовах глушіння GPS (наприклад, на полі бою).

Другий тренд — **гібридні рішення та мультифункціональні платформи**. Під гібридністю мається на увазі як гібридні силові установки, так і гібридні конструкції. Гібридні двигуни (бензиново-електричні) дедалі частіше застосовуються для збільшення тривалості польоту середніх дронів: бензиновий генератор підзаряджає акумулятори в польоті, даючи змогу літати годинами. Наприклад, дрон *Hybrid Quadrotor* від Advanced Aircraft Co. має 3–5 год льоту завдяки гібридному живленню. Що стосується конструкцій — на ринку з'явилися **конвертоплани (VTOL)**, які поєднують переваги мультикоптера (вертикальний зліт/посадка) та літака (горизонтальний політ з економією енергії). Чимало виробників (Wingtra, Quantum Systems, навіть DJI зі своїм модельним зразком Wing) пропонують такі VTOL-дрони для картографії та доставки. Інший вид гібридів — **амфібійні дрони**, які можуть літати й плавати: стартап *Splash Drone* створив квадрокоптер, що сідає на воду і виконує роль поверхневого дрона.

**Інновації в навігації** містять впровадження систем супутникової навігації високої точності (RTK GPS) для досягнення сантиметрової точності позиціювання дрона — це критично для геодезії та точного землеробства. Також розвиваються технології **BLOS-комунікацій** (зв'язок за межами прямої видимості): використовуються ретранслятори на вишках, супутниковий зв'язок (термінали Iridium, Starlink) для управління дронами на

великій відстані. Це допомагає, приміром, контролювати доставний дрон на десятки кілометрів від оператора.

	<p>Згідно з останніми даними Drone Industry Insights, до 2030 року світовий ринок дронів досягне вражаючих \$54,6 млрд, до того ж комерційний сегмент випереджатиме загальне зростання зі середньорічним темпом зростання 7,7%. Ця вражаюча траєкторія підкріплюється зміною фокуса галузі. Хоча послуги з використання дронів наразі домінують, складаючи 80% ринкової активності у 2023 році, сегмент обладнання готовий до найшвидшого зростання з прогнозованим середньорічним темпом зростання 9,3%.</p>
--	---

Важлива новація — **інтеграція дронів з 5G-мережами**. Стільникові оператори (Verizon, AT&T) тестують SIM-карти і модеми для дронів, щоб апарат міг користуватися мобільним інтернетом для телеметрії та відео. 5G дає малу затримку і можливість підключення тисяч пристроїв, що потенційно відкриває еру «зв'язаних» дронів, керованих через хмару.

У сфері матеріалів та елементної бази теж є інновації: створюються легші **композитні матеріали** для корпусів дронів, вдосконалюються акумулятори (досліди з літій-сірчаними, твердотільними осередками). Розглядається застосування **водневих паливних елементів** для електроживлення дронів — такі дрони (наприклад, Doosan DS30) вже літають по 2–3 години на водні.

**Вплив регуляторики.** Регуляторне середовище суттєво впливає на темпи впровадження дронів та напрямки їх розвитку. В США за останні роки FAA зробило важливі кроки назустріч комерційному використанню дронів. У 2021–2022 рр. FAA оновило правила Part 107, дозволивши **польоти вночі та над людьми** за певних умов (наявність пробліскового маячка, легких дронів) [41]. У березні 2022 р. FAA опублікувало комплексні правила, що стали фундаментом для майбутнього **польотів за межами прямої видимості (BVLOS)**, віддаленої ідентифікації дронів (Remote ID), управління трафіком



безпілотників (UTM) і сертифікації важчих безпілотних авіасистем [42]. Хоча повноцінних нових норм BVLOS (так званий Part 108) ще не запроваджено (в 2024 р. затрималося ухвалення правил [43]), FAA поступово розширює видані виключення й експериментальні програми. Наприклад, програма *FAA BEYOND* залучила кілька штатів для тестування BVLOS операцій (доставка медикаментів у Північній Кароліні, інспекція трубопроводів в Алясці тощо). У 2023 р. також набули чинності вимоги **Remote ID** — всі дрони масою >250 г, що літають назовні, мають транслювати ідентифікаційний код і координати, що підвищує прозорість і безпеку інтеграції UAS в повітряний простір.

Регуляторика стимулює інновації та адаптацію: наприклад, очікування легалізації комерційних **дронів-доставників** спонукало компанії Wing (Alphabet) і UPS Flight Forward інвестувати в розгортання служби доставки, а FAA вже видало їм спеціальні сертифікати на обмежені операції. Цей підсектор — **дрон-доставка** — наразі один із найдинамічніших: наприкінці 2023 р. компанії Wing, Zipline, Amazon Prime Air здійснювали тисячі тестових доставок по США, і прогнозується, що сектор логістичних дронів зростатиме найшвидше з усіх — до 2030 р. ринок дронів для кур'єрських послуг (включно з внутрішньоскладською логістикою) глобально може зрости втричі [44].

З іншого боку, регуляторні обмеження в деяких сферах стримують розвиток: зокрема, відсутність поки що простих правил для польотів у містах затримує запуск сервісів на кшталт *AirTaxi* (міських аеротаксі, eVTOL), хоча технічно такі апарати вже готові. Також правила забороняють польоти дронів над натовпами без спеціальних дозволів — це ускладнює використання дронів для масових подій, шоу тощо.

**Кібербезпека та політика імпортозаміщення.** Останні роки ознаменувалися зростанням уваги до безпеки даних і походження компонентів дронів. Уряд США занепокоєний тим, що дрони іноземного виробництва (особливо китайські) можуть передавати чутливу інформацію на сторонні сервери. У 2020 р. Конгрес заборонив Міністерству оборони США використання дронів, вироблених у країнах-конкурентах (зокрема DJI) [45]. У 2021–2022 рр. ряд штатів (Флорида, Техас) ухвалили закони, що зобов'язують державні агенції перейти на **NDAA-compliant** дрони (вироблені в США або країнах-партнерах, без китайських компонентів). Наслідком став проєкт **Blue sUAS**, куруємий Міноборони: сформовано список «білого» обладнання — як готових дронів, так і компонентів. До списку увійшли, зокрема, дрони Skydio, Parrot Anafi USA, Altavian (FLIR ION M440) та компоненти від компаній, таких як ModalAI, Auterion та ін. Це фактично підтримка локальних виробників. Проте перехід на «американське» дався нелегко — наприклад, після заборони китайських дронів органи правопорядку Флориди стикнулися з нестачею функціональних замінників і додатковими витратами: закупівля дронів

Autel/Skydio замість DJI коштувала на 30–40% дорожче, але все одно ці дрони поступалися DJI у деяких можливостях [46]. Дослідники зауважували, що заборона китайських дронів може зашкодити науковим проектам (екологам, геологам), які покладаються на доступні DJI для моніторингу китів, лісів тощо [47]. Попри дискусії, тренд зрозумілий: **локалізація виробництва і кібербезпека** стали важливими факторами. Це стимулювало зростання стартапів у США та залучення інвестицій: компанія Anduril Industries (виробник дронів-камікадзе та систем ППО) за три роки збільшила оцінку з \$4,6 млрд до \$14 млрд, вочевидь на тлі попиту держструктур на «домашні» технології [22]. Водночас виробники впроваджують **захищені канали зв'язку** (шифрування AES-256, приватні протоколи) та режим офлайн-польотів (щоб дрон не передавав дані в інтернет). Такі рішення пропонуються як USP для урядових клієнтів — наприклад, DJI випустила модифікацію *Government Edition*, котра не має модулю Wi-Fi для виходу в мережу.

**Військові конфлікти як драйвер розвитку.** Окремо слід відзначити, що бойове використання дронів (зокрема, в Україні та на Близькому Сході) вплинуло на технологічні пріоритети. По-перше, широке застосування дешевих комерційних дронів на війні змусило виробників вдосконалювати **захист від РЕБ** (радіоелектронної боротьби) — зараз інтегруються частоти з частотним перестрибуванням, резервні канали зв'язку, автономні режими на випадок глушіння сигналу. По-друге, зросла увага до **протидронових систем** — паралельно з ринком дронів розвивається ринок антидронної техніки (глушники, перехоплювачі, радары для виявлення малих дронів) [48]. Американські компанії (Dedrone, Fortem, Epirus) активно працюють над цим, що теж спонукає змінювати дизайн самих дронів (зниження помітності, нові частоти зв'язку). По-третє, війна показала ефективність деяких інноваційних рішень — наприклад, **дронів-камікадзе** (лінійка Switchblade, польські Warmate та ін.), що зараз бурхливо розвивається. І хоча американські виробники просували свої рішення як «перевірені в бою», реальність виявилась складнішою: 96% дронів, які Україна використовувала в 2024 р. на фронті, були або українського виробництва, або китайського, а прямих внесок американських дорогих платформ був обмеженим [20]. Це привело до переосмислення: **простота і низька ціна** іноді важливіші за найсучасніші характеристики. Тому, ймовірно, в майбутньому в тренді будуть дрони модульні, ремонтпридатні та з оптимальним співвідношенням вартість/ефективність.

Підсумовуючи, зазначимо: тенденції розвитку дрон-технологій у США визначаються технологічним прогресом (ШІ, автономія, нові типи апаратів), регуляторними зрушеннями (лібералізація правил для комерції, підвищення вимог безпеки) та геополітичними/військовими чинниками (потреба в локальному виробництві, досвід бойового застосування). Індустрія дронів увійшла у фазу зрілості, коли **інновації**

**збалансовані практичними вимогами: ефективність, безпеність й інтеграція в реальні системи — основні пріоритети на найближче десятиліття.**



Компанія Joby здійснює перший пілотований політ повітряного таксі eVTOL між двома державними аеропортами

## 5. Огляд інфраструктури розповсюдження

**Канали збуту і логістика поставок дронів.** Ринок дронів у США характеризується багатоканальністю збуту — різні сегменти продукції реалізуються через оптимальні для них канали. **Споживчі й аматорські дрони** переважно продаються через роздрібну мережу та онлайн-маркетплейси. Великі ритейлери електроніки (Best Buy, Walmart) мають у своєму асортименті популярні моделі DJI, Autel, Parrot — як в магазинах, так і онлайн. Інтернет-майданчики на кшталт Amazon теж відіграють значну роль: Amazon пропонує сотні моделей, від дешевих навчальних квадрокоптерів до професійних DJI Inspire. Існують і спеціалізовані онлайн-магазини для ентузіастів: наприклад, **B&H Photo Video** (Нью-Йорк) — знаний продавець фото- та відеотехніки — має цілий підрозділ дронів; **GetFPV** продає компоненти для перегонових дронів і комплекти для складання. Логістика споживчих дронів схожа на іншу електроніку — постачання великими партіями з заводів (часто в Китаї) до дистриб'юторських центрів у США, а звідти розподіл по магазинах. Завдяки компактності дронів, витрати на транспортування незначні, але при масових постачаннях з Азії 2020–2021 рр. були затримки через дефіцит контейнерів і карантинні обмеження.

**Професійні та комерційні дрони** (для бізнесу, промисловості) зазвичай збуваються іншими шляхами. Виробники часто працюють через мережу **офіційних дилерів/інтеграторів**. Наприклад, DJI має програму *DJI Enterprise Dealer*: це компанії, сертифіковані продавати їх промислові моделі (Matrice 300, агродрони) та забезпечувати навчання клієнтів. Такі дилери (на кшталт *RMUS, Heligu* у США) не лише продають дрон, а й пропонують рішення «під ключ» — підбирають корисне навантаження, інтегрують ПЗ у бізнес-процес замовника, проводять технічне обслуговування. Інший шлях — **прямі продажі від виробника**. Компанії Skydio чи Freefly Systems продають свої дрони безпосередньо через вебсайт і команду продажів, особливо якщо це дорогі одиниці з мінімальною дилерською націнкою. Приклад — Skydio уклала угоди з поліцейськими департаментами, де виступала не лише як виробник, а і як консультант із впровадження дронів у роботу відомства (допомога з отриманням дозволів FAA тощо). В сегменті великих промислових дронів (скажімо, безпілотники для магістральних трубопроводів, або спеціалізовані для геологорозвідки) поширена практика **оренди або лізингу**. Оператори інфраструктури можуть не купувати дрон, а замовити послугу — компанія-постачальник привозить обладнання і фахівців для виконання конкретної місії. Отже, межа між продажем обладнання і наданням послуг розмивається.



Збір китових видихів у повітрі, дрони, розроблені Ocean Alliance, також почали прикріплювати до тварин пристрої відстеження. Ocean Alliance



**Військові й урядові замовлення** мають свій канал — **контракти через тендери або прямі закупівлі**. Постачальники типу AeroVironment, Skydio, Parrot проходять процес сертифікації та потрапляють до переліку схвалених систем (наприклад, програма *Blue UAS Cleared List* від DIU [49]). Далі агенції можуть закупити такі дрони без довгих тендерів, за спрощеною процедурою GSA (General Services Administration). Часто урядові відомства видають гранти чи субвенції на закупівлю — як приклад, у 2023 р. прикордонна служба США виділяла кошти департаментам шерифів на придбання Skydio замість DJI. Логістика постачання військових дронів включає навчання персоналу виробником і надання запчастин протягом всього життєвого циклу, згідно з умовами контракту.

**Дилерські та сервісні мережі.** Як згадано, для деяких виробників створення дилерської мережі критично. Наприклад, **Freefly Systems** (виробник кінодронів ALTA) має обмежене коло офіційних дистриб'юторів у великих містах, де сконцентровані кіновиробництва (Лос-Анджелес, Нью-Йорк). Вони забезпечують не тільки продаж, а й прокат, ремонт спеціалізованих дронів, консультування операторів. **AgEagle** (виробник eBee) співпрацює з дилерами агротехніки, такими як John Deere, щоб довести свої дрони до фермерів.

**Онлайн-майданчики та маркетплейси.** Окрім згаданих загальних (Amazon), існують вузькоспеціалізовані сайти: *Dronefly*, *Advexure*, *Carolina Drones* — де можна придбати професійні БПЛА, аксесуари, запчастини. Деякі з них виступають ексклюзивними імпортерами певних брендів. Наприклад, Advexure є партнером виробників з Blue UAS списку і продає, зокрема, drones Parrot ANAFI USA Gov Edition [50]. Маркетплейси також починають охоплювати **послуги**: про Wow Drone вже згадувалось — це нова спроба

централізувати ринок послуг з дронами, поєднавши пілотів і замовників на одній платформі.

**Виставки, ярмарки та спільноти.** Важливим елементом просування дронів є галузеві виставки й конференції. У США щороку проводиться кілька великих подій: *AUVSI XPONENTIAL* — найбільша виставка безпілотних систем у Північній Америці, збирає сотні експонентів (виробників дронів, компонентів, ПЗ) і тисячі відвідувачів з усього світу. На *XPONENTIAL* традиційно анонсуються нові продукти й укладаються партнерські угоди. Інша помітна подія — *Commercial UAV Expo* (в Лас-Вегасі) — фокус на комерційне використання дронів; у 2024 р. на цій виставці були представлені останні тенденції від промислових інспекцій до логістики [51]. Для агросектора є свої форуми, наприклад *Drone Ag Show* і тематичні секції на сільськогосподарських виставках. Сектор оборони та безпеки бачить дрони на виставках *AUSA*, *SOFIC*, *CES* (споживча електроніка, де DJI любила робити прем'єри). Окрім виставок, активні **спільноти користувачів** (форум **DIYDrones** історично був колискою 3DR, зараз на Reddit, Facebook групах відбувається обмін досвідом). Такі спільноти й заходи, як *Drone Racing League* (перегонові турніри дронів навіть транслюються по ТВ), теж сприяють популяризації та непрямому просуванню технологій до мас.

**Логістика доставки дронів до кінцевого користувача** наразі стандартна — поштові й кур'єрські служби. Проте цікаво, що деякі компанії почали використовувати **дрони для доставки... дронів**. Наприклад, для віддалених районів Аляски стартап проводив експеримент: великий безпілотник доставляв партію маленьких дронів, призначених для рятувальників. Хоч це поки екзотика, але відображає взаємопроникнення технологій.

З погляду **маркетингу**, виробники дронів у США покладаються на цифрові канали — YouTube огляди, співпраця з техноблогерами — а також на побудову **спільнот навколо бренду**. DJI, Skydio мають свої офіційні форуми, проводять конкурси аерофото, тим самим утримуючи лояльність клієнтів і стимулюючи сарафанне радіо.

Отже, інфраструктура розповсюдження дронів у США доволі зріла: споживач може легко купити дрон онлайн чи в магазині, бізнес — знайти інтегратора під свої задачі, держава — закупити через перевірені канали. Виставки та медіа забезпечують прозорість ринку — клієнти можуть порівнювати рішення, знайомитися з новинками наживо. Основні виклики цієї інфраструктури — **швидко реагувати на зростальний попит** (особливо в пікові періоди, як війна в Україні, коли виник дефіцит деяких моделей) і забезпечити **доступність сервісу** по всій території, аби й у мегаполісі, й у віддаленій місцевості користувач міг розраховувати на підтримку.





Американська компанія Advexure пропонує інноваційну концепцію агроскаутингу, використовуючи дрони з мультиспектральними, RGB і тепловими сенсорами для автоматизованого аналізу стану рослин. Завдяки високоякісному зображенню (близько 1 см GSD) та картуванню індексів вегетації (NDVI, NDRE тощо), технологія допомагає виявляти ознаки хвороб, дефіциту поживних речовин, водного стресу та шкідників на ранніх стадіях, задовго до прояву симптомів на рівні землі або на супутникових знімках із роздільною здатністю ~10

## 6. Порівняльна таблиця дронів (різні категорії)

Нижче наведено три таблиці, що узагальнюють характеристики та приклади дронів у різних категоріях: споживчі/аматорські мультикоптери, комерційні середнього класу і великі військові дрони, а також наземні та морські безпілотні системи. Таблиці містять типові зразки, їх призначення і ключові параметри.

**Таблиця 1. Споживчі й аматорські мультикоптери**

Модель (Виробник)	Клас	Ключове	Час		Камера	Особливості
		призначення	Вага, г	польоту, хв		
<b>DJI Mavic 3</b> (DJI)	Споживчий/ Прос'юмер	Аерофото, відео 5.1К	~895	46	20 МП, 4/3" CMOS, 5.1К відео	Складаний; сенсори обходу перешкод 360°; далекість до 15 км (OcuSync)
<b>DJI Mini 3 Pro</b> (DJI)	Споживчий ультралегкий	Аерофото/в ідео 4К для любителів	249	34	12 МП, 1/1.3" CMOS, 4К	Вагою <250 г (не потребує реєстрації); вертикальна зйомка; сенсори спереду/заду/низ
<b>Autel EVO II Pro</b> (Autel)	Прос'юмер	Аерофотоз йомка, ортофото	1191	40	20 МП, 1" CMOS, 6К відео	360° сенсори унікнення; без геообмежень; змінні об'єктиви
<b>Skydio 2+</b> (Skydio)	Аматорський «смарт»	Авто- слудвання , спорт- відео	~775	27	12 МП, 1/2.3" CMOS, 4К60	Повна автономність польоту завдяки 6 камерам обходу; режим keyframe для зйомки кліпів
<b>Parrot Anafi</b> (Parrot)	Аматорський портативний	Подорожі, селфі- зйомка	320	25	21 МП, 1/2.4" CMOS, 4К	Складаний, без сенсорів; унікальна камера, що



Модель (Виробник)	Клас	Ключове призначення	Вага, г	Час польоту, хв	Камера	Особливості
<b>BetaFPV Cetus Pro</b> (BetaFPV)	Навчально-спортивний (FPV)	Тренування FPV, кімнатні перегони	45	5	FPV-камера 600TVL (аналог)	нахиляється на 180° (для зйомки вгору) Мікродрон для початківців FPV; комплект з гарнітурою; міцна рама з огородинками пропелерів

**Таблиця 2. Комерційні середньокласні та великі військові дрони**

Модель/Система	Клас/Тип	Основне призначення	Розмах/Габа рити	Тривалість польоту	Особливості
DJI Matrice 300 RTK (DJI)	Комерційний мультикоптер, середній клас	Індустріальні інспекції, пошуково-рятувальні операції, картографія	810 мм між осями (діагональ)	до 55 хв (без навантаження)	IP45; підтримка 3-х підвісів; RTK-позиціонування; радіус до 15 км
Freefly Alta X (Freefly)	Комерційний важкий мультикоптер (кіно)	Повітряна кіно-відеозйомка з важкими камерами	2,3 м діагональ (розкладений)	20–25 хв з навантаженням	Професійна кіноплатформа; підтримка RED/ARRI; складні пропелери
Quantum Trinity F90+	Комерційний гібрид (VTOL)	Аерофотокартографування, агроспостереження	Розмах крила 2,4 м	до 90 хв	VTOL; крейсерська ~70 км/год; змінні модулі (RGB, мультиспектр);

Модель/Система	Клас/Тип	Основне призначення	Розмах/Габарити	Тривалість польоту	Особливості
					геодезія, сільське господарство
RQ-20 Puma AE (AeroVironment)	Військовий малий БПЛА (ручного запуску)	Тактична розвідка на суші та на воді	Розмах 2,8 м; вага 6,3 кг	~120 хв	Запуск із руки; плаває; денна/нічна камера; використовується армією та морською піхотою США
MQ-1C Gray Eagle (General Atomics)	Військовий БПЛА середньої висоти (MALE UAV)	Стратегічна розвідка, спостереження, ударні місії	Розмах 17 м; довжина 8,5 м; вага 1633 кг	~25 год	4 ракети Hellfire; супутникове BLOS-управління; використовується Армією США
MQ-9 Reaper (General Atomics)	Військовий великий ударно-розвідувальний	Стратегічне спостереження та вогнева підтримка з повітря	Розмах 20 м; довжина 11 м; макс. злітна вага 4760 кг	27+ год (без озброєння)	Основний ударний дрон ВПС США; висота польоту до 15 км; озброєння: 4 ракети Hellfire + 2 бомби; високотехнологічні сенсори (радар, EO/IR)

Модель/Система	Клас/Тип	Основне призначення	Розмах/Габарити	Тривалість польоту	Особливості
RQ-4 Global Hawk (Northrop Grumman)	Військовий стратегічний БПЛА (HALE UAV)	Довготривала стратегічна розвідка з великої висоти	Розмах 39,9 м; довжина 14,5 м; макс. злітна ~14 600 кг	>32 год	Висота до 18 км; дальність 22 000 км; боковий радар; наддалека оптика; використовується ВПС США та НАТО

**Таблиця 3. Наземні та морські безпілотні системи (UGV/USV/AUV)**

Платформа	Тип	Призначення	Ключові характеристики		Статус застосування
			Вага	Швидкість	
<b>Teledyne PackBot (Teledyne FLIR)</b>	UGV гусеничний (малий)	Військовий робот-сапер, розвідка в приміщеннях	~27 кг; 5,8 км/г; оснащений маніпулятором для знешкодження вибухівки; камери ден/ніч	Широко застосовується військовими США і союзників для EOD (близько 20 років служби, модернізований)	
<b>QinetiQ (L3Harris)</b>	TALON UGV гусеничний (середній)	Багатоцільовий робот (сапер, розвідка, CBRN)	Вага 45 кг; тягне до 68 кг; макс. швидкість 8,5 км/г; може оснащуватися зброєю (7,62-мм кулемет);	Використовувався в Іраку, Афганістані для розвідки і знешкодження мін; поліцейські команди використовують для	

Платформа	Тип	Призначення	Ключові	
			характеристики	Статус застосування
			працює 2–4 години	вибухонебезпечних предметів
<b>Boston Dynamics Spot</b> (Boston Dynamics)	UGV крокуючий (четвероногий)	Патрулювання, інспекція, доставки під час НС	Вага 32 кг; швидкість 5 км/г; час роботи ~90 хв; несе до 14 кг корисного навантаження (сенсори, маніпулятор)	Комерційно доступний; застосовується поліцією (НІ, Сінгапур — оцінка ситуації), на промислових об'єктах для обхідних інспекцій
<b>General Dynamics RIPSAN</b> (GDLS/Howe&Howe)	UGV гусеничний (великий, без екіпажу)	Безекіпажна бойова машина підтримки	Вага ~4,5 т; гібридний двигун; швидкість до 60+ км/г; може оснащуватися кулеметом, ПТРК; дистанційне або автономне управління	Прототипи випробовуються Армією США (програма RCV); потенціал як роботизована платформа підтримки для бронетанкових військ
<b>Saildrone Explorer</b> (Saildrone)	USV — надводний безпілотник (вітрильник)	Океанографія, погодні моніторинг, розвідка в океані	Довжина 7 м; вітрило + сонячні панелі; автономність 6–12 місяців у морі; шв. ~5 вузлів; обладнання:	Використовується NOAA для збору даних про клімат, військовими для спостереження (демонстрації в Тихому океані)

Платформа	Тип	Призначення	Ключові		
			характеристики	Статус застосування	
				метеодатчики, сонар, камера	
<b>Liquid Robotics Wave</b> (Boeing)	<b>Robotics Glider</b>	USV надводно-підводний глайдер	— Довготривалий моніторинг океану (акустика, клімат)	Довжина 3 м; рух завдяки енергії хвиль (підводний «планер»); сонячна батарея живить сенсори; автономність до 1 року; низька швидкість (1-3 вузли)	Використовується науковими організаціями та ВМС США для прослуховування океану (виявлення підводних човнів, спостереження за китами)
<b>REMUS 100</b> (NII Hydroid)	UUV	AUV — автономний підводний апарат	Гідрографія, пошук мін, дослідження морського дна	Довжина 1,6 м; вага 37 кг; глибина роботи до 100 м; тривалість ~8-10 год; обладнання: сонар бокового огляду, камери	Активно використовувався ВМС США для пошуку морських мін (Ірак, 2003), досліджень аварій; доступний цивільним для підводних досліджень

**Примітки до таблиць.** Наведені характеристики є усередненими або типовими для даних моделей. Час польоту/роботи може варіюватися залежно від навантаження й умов. Військові системи часто мають засекречені детальні можливості; вказані публічні дані. Таблиці ілюструють різницю між споживчими дронами (малими, доступними, простими в користуванні), комерційними та військовими (більшими, дорожчими, зі спеціалізованими

можливостями), а також показують різноманітність наземних і морських безпілотників за розмірами і завданнями.

## 7. Висновки для практики (релевантність для України)

**Актуальні технології та рішення для України.** Оцінюючи світовий і зокрема американський досвід розвитку дрон-технологій, можна виділити кілька напрямів, які є найрелевантнішими для України — як у контексті оборони, так і для цивільного використання й економіки. Передусім за час повномасштабної війни 2022–2025 рр. стало очевидно, що **безпілотники відіграють критично важливу роль на полі бою**. Україна використала тисячі дронів для розвідки, коригування вогню й ударів по противнику. Найзатребуванішими виявилися **малі тактичні БПЛА** (квадрокоптери типу DJI Mavic, Autel EVO, українські Leleka, Fury тощо) — їх простота і масовість переважили високотехнологічні, але дорогі платформи. На 2024 р. 96% безпілотників на фронті — українського або китайського виробництва (переважно споживчі дрони) [20], що свідчить про необхідність доступних рішень. З американських технологій найбільшу користь принесли **баражуючі боєприпаси** (*Switchblade 300/600* від AeroVironment) для ураження цілей за лінією фронту і **розвідувальні міні-БПЛА** (*RQ-11 Raven, RQ-20 Puma*), надані по лінії військової допомоги. Ці системи навчили українських військових новим підходам і довели цінність постійного повітряного спостереження над полем бою. Також важливою була передача **контрдронових засобів** (американських глушилок, радарів тощо), що допомагає боротися з ворожими дронами. Отже, для зміцнення оборони Україна має продовжувати освоювати технології **тактичних дронів**: розвідувальних (рівня взводу-роти) й ударних боєприпасів. Американський досвід підказує розвивати **автономність і захищеність каналів** — майбутні дрони повинні мати режими польоту з III без постійного зв'язку та стійкість до РЕБ. Важливим для України є і **впровадження роїв** простих дронів для насичення ППО противника або масованої розвідки — тут варто співпрацювати з американськими компаніями, які це досліджують (наприклад, Shield AI).

Для цивільної сфери України перспективними є **аграрні дрони**. Україна — аграрна держава, і використання дронів для моніторингу полів, внесення добрив, обприскування може підняти ефективність сільського господарства. Американський досвід (де ринок агродронів зростає на 23% щороку [1] показує, що дрони здатні покращити врожайність, знизити витрати хімікатів і надати точні дані фермеру. Уже зараз в Україні діють компанії, що надають послуги агромоніторингу з дронів (наприклад, DroneUA), і цей сектор варто розширювати — можливо, за підтримки держави через гранти, як це робить USDA у США.

**Інфраструктурні та промислові дрони** — ще один напрям, де Україна може застосувати американський досвід. Післявоєнна відбудова вимагатиме швидкої оцінки стану тисяч об'єктів (мости, будівлі, ЛЕП). Використання дронів для інспекції та 3D-модельовання пошкоджень значно прискорить ці процеси і збере більш точні дані. В США

дрони вже стали звичним інструментом будівельних компаній, інженерів (дрони для будмайданчиків, обльоту висотних конструкцій). Україні варто запозичити готові рішення: наприклад, *Skydio 3D Scan* — програму для автономного обльоту об'єктів і створення їх цифрового двійника. Також **служби екстреного реагування** (ДСНС, поліція) можуть виграти від впровадження дронів, як це зробили американські аналоги: квадрокоптери для оперативного огляду ДТП, пожеж, пошуку людей у лісі; тепловізійні дрони для нічної роботи. Багато американських розробок у цій сфері, наприклад, *BRINC Lemur* — дрон для SWAT, що вміє залітати в приміщення та перемовлятися через гучномовець, — можуть бути адаптовані для українських правоохоронців (український аналог «Крук» уже створюється).

**Оцінка можливостей імпорту і локалізації.** Україна наразі імпортує значну частку дронів (особливо споживчих і промислових) з-за кордону — переважно з Китаю (DJI, Autel) та частково з США та ЄС (комплектуючі, спеціалізовані системи). Повномасштабна війна стимулювала **бум локального виробництва**: за 2023 рік кількість українських виробників дронів зростає до сотень, налагоджується випуск БПЛА різних класів — від маленьких FPV-дронів-камікадзе до крилатих дронів далекого радіусу (типу «Укрджет», «ACE One»). Цей тренд відповідає світовій тенденції диверсифікації постачання і зменшення залежності від одного джерела. США свого часу також зосередилися на розвитку національних альтернатив DJI через міркування безпеки; Україні з міркувань воєнної необхідності теж слід розвивати **власне виробництво критичних систем**. У короткостроковій перспективі імпорт залишатиметься важливим — особливо для високотехнологічних компонентів (тепловізори FLIR, сучасні автопілоти, супутникові модеми), де українські аналоги поки відсутні. В цьому контексті **співпраця зі США** може бути взаємовигідною: американські компанії можуть постачати компоненти або технології, а українські підприємства — інтегрувати їх у кінцеві системи під свої потреби. Наприклад, Україна могла б закуповувати ліцензійно **Blue UAS-компоненти** (контролери ModalAI, камери Workswell тощо) і будувати на їх основі свої дрони для армії, гарантуючи сумісність і безпеку.

У довгостроковій перспективі Україна має потенціал стати **експортером** окремих видів безпілотників або технологій. Вже зараз українські компанії (UkrJet, Skyeton, AeroDrone) демонструють конкурентні розробки — великі розвідники, дрони для розпилення. Налагодивши виробництво і отримавши бойовий досвід (що своєрідно загартовує продукт), можна пропонувати їх на ринки, що шукають недорогих, але ефективних рішень. Цікаво, що американські стартапи почали рекламувати свої дрони як «battle-tested in Ukraine» [52], розуміючи вагу такого досвіду. Українські ж дрони справді



проходять найсуворіший тест війною — і це може стати маркетинговою перевагою над конкурентами.

Для реалізації потенціалу потрібна **підтримка держави**: як у США діє DARPA, DIU та програми грантів FAA для стимулювання інновацій, так і в Україні варто продовжувати програми на зразок «*Армія дронів*» і фондів розвитку технологій подвійного призначення. Створення випробувальних полігонів, спрощення бюрократії для ліцензування виробництва і експорту БПЛА — все це сприятиме галузі.

Також слід врахувати регуляторні моменти: **адаптація українського законодавства** до норм ЄС і США щодо використання дронів у повітряному просторі. В мирний час після перемоги необхідно буде впровадити систему реєстрації дронів, правила для комерційних операторів, можливо, аналог американського Part 107 для сертифікації пілотів. Це відкриє ринок послуг дронами (агромоніторинг, доставки, аерозйомка) більш широко і залучить інвестиції. Тут американський досвід дуже стане в пригоді: варто перейняти кращі практики FAA, щоб гармонізувати повітряне законодавство.

**Висновок:** Ринок дрон-технологій США є одним із найрозвиненіших у світі, і технології, народжені там, вже зараз допомагають Україні вистояти у війні та розвивати економіку. Найближчими роками для України пріоритетними будуть: масове впровадження тактичних безпілотників у військах, створення систем протидії дронам, розвиток місцевого виробництва з використанням кращих іноземних компонентів, а в цивільному секторі — застосування дронів у агро, будівництві та безпеці. Співпраця зі США може включати як закупівлю готових систем (за програмами допомоги), так і обмін технологіями та спільні проекти. Вже сьогодні спостерігаємо певний **технологічний міст**: українські оператори опановують американські дрони, а американські виробники вчаться з українського досвіду бойового використання. Цей синергізм слід нарощувати. З погляду імпорту vs локалізації — в короткій перспективі критично імпортувати те, що не виробляємо (високотехнологічні сенсори, авіоніку), але паралельно вкладатися в **локалізацію** виробництва ключових елементів (корпуси, наземні станції, програмне забезпечення, можливо оптика базового рівня). Це забезпечить незалежність і стійкість України у сфері безпілотників. Як показав досвід, мати власні розробки — значить мати гнучкість і перевагу в умовах, коли традиційні ланцюги постачань руйнуються (війна, санкції тощо). У підсумку, освоєння найсучасніших дрон-технологій та їх адаптація під українські реалії дозволять Україні посилити оборону, ефективніше відбудовуватися та інтегруватися у світовий технологічний простір як сильний гравець у галузі робототехніки й авіації.

**Додатки:** (містять дубльовані таблиці та рисунки для зручності перегляду, див. табл. 1–3 вище).

## Список джерел:

1. **North America Drone Market — Mordor Intelligence (2024)** — *Аналітичний звіт по ринку дронів Північної Америки*. Витягнута інформація: статистика FAA щодо кількості зареєстрованих дронів у США (863 тис. на початок 2024, з них 352 тис. комерційних, 506 тис. рекреаційних) [7], очікування зростання комерційного флоту до 858 тис. у 2026. Також згадано дрібні компанії (80% ринку — МСП) [13] і приклад співпраці DJI з професіоналами (новий LiDAR у 2023) [17]. Це джерело важливе для розуміння структури ринку та його фрагментації, використано в розділах 1 (аналіз структури) і 4 (регуляторика FAA).

2. **Market.us — Drone Market Report (2024)** — *Огляд глобального ринку дронів з даними по США*. Використано статистику: глобальний ринок \$36,4 млрд (2024) до \$95 млрд (2034) [53], APAC 40% ринку [54], домінування DJI — ~80% ринку США і 60% світового [55]. Особливо цінне: частка DJI 77% у США, Intel 3,7% [16], витрати бізнесу й урядів \$13 млрд на дрони, 853 тис. зареєстрованих дронів у США (73% рекреаційні) [56], прогноз 100 тис. нових робочих місць до 2025 в США [57]. Ці дані допомогли показати домінування DJI на ринку (розд. 2) і масштаби використання дронів у США (розд. 1). Також навели показник — 80% використання дронів припадатиме на агросектор найближчим часом [11], що цікаво для трендів.

3. **Grand View Research — U. S. Agriculture Drone Market (2025–2030)** — *Дослідження ринку агродронів США*. Надало конкретну цифру: \$506,3 млн — оцінка ринку агродронів США у 2024 [1], із CAGR 23,5% (2025–2030). Також вказано фактори росту: субсидії USDA, \$7,7 млрд програм фінансування на 2025 рік для впровадження технологій в агро [58], послаблення FAA обмежень (BVLOS, польоти вночі) які допомагають агродронам [41]. Ця інформація використана в розд. 1 (сегментація — агросектор, його обсяг і драйвери росту). Вказує, чому агродрони перспективні (тиск на збільшення врожайності, потреба точного землеробства) [14]. Джерело важливе, бо дає уявлення про розміри й підтримку агросегмента, що є пріоритетом №1 серед комерційних застосувань.

4. **Grand View Research — U. S. Consumer Drone Market (2024–2030)** — *Аналіз ринку споживчих дронів США*. Взяті дані: оцінка \$1,48 млрд у 2023 [8], CAGR ~10% до 2030, США займають 30% світового споживчого ринку [59]. Також згадано \$5 млрд інвестицій в дрони за два роки (2020–2022) від венчурів США [60], що підкреслює інтерес інвесторів. З тексту: найбільший сегмент застосувань — *toy/hobbyist* (тобто любительський) у 2023 [61], а сегмент *prosumer* ростиме найшвидше. Наведена деталь: приклад M&A — Kitty Hawk придбав 3DR у 2021 [28], що використано в розд. 2 (доля 3DR). Цей звіт допоміг охарактеризувати споживчий сегмент, його популярність для фото/відео, технологічні

тренди (4K камери, AI автопілот) і регуляторні моменти (реєстрація >250 г, тест TRUST) [62]. Інформація використана в розд. 1 (споживчі дрони доля ринку) та розд. 2 (згадка про 3DR).

5. **Commercial UAV News — Drone Industry Insights report recap (2024)** — *Стаття про тренди комерційної індустрії дронів з посиланнями на дані Drone Industry Insights*. Взято ключові глобальні цифри: ринок до \$54,6 млрд у 2030, комерційний сегмент зростає 7,7% CAGR (швидше, ніж загальний) [40], 80% активності ринку у 2023 — послуги, а продажі hardware ростимуть швидше 9,3% CAGR [40]. Цікава деталь: найбільший випадок використання — картографія і зйомка (\$10 млрд глобально у 2023), найбільша галузь — енергетика (росте з \$4,66 до 7,43 млрд до 2030) [2], найшвидше зростає — доставка/логістика (cargo, courier, intralogistics) завдяки Wing, UPS FF, Zipline [44]. Також згадані регіональні моменти: лідер комерційного ринку — Азія (Китай, Японія), суперечки з Китаєм підштовхують виробництво в США, плюс війна в Україні впливає на розвиток (дрони в конфліктах) [63]. Додатково: у 2023 глобально 7,6 млн годин наліт дронів (20 тис. год/день) [64], і зростання значення безпеки (контрдрони) [48]; розвиток eVTOL (міська мобільність) як новий етап [65]. Ці дані застосовані у розд. 1 (про використання в енергетиці, картографії), розд. 4 (про тренд доставки, eVTOL, контрдрони, вплив війни), розд. 5 (про Commercial UAV Expo як головний захід). Стаття важлива тим, що дає широке бачення трендів на основі авторитетного DroneII, і підтверджує деякі оцінки іншими цифрами.

6. **DroneLife — «Top 5 Drone Component Companies» (2016)** — *Стаття, що перелічує ключових на той момент виробників компонентів для дронів*. Звідси взяті приклади компаній: **IXYS Corp** — виробник силових напівпровідників (контролерів живлення для батарей, сонячних систем тощо) [66]; **InvenSense Inc.** — провідний постачальник MEMS-сенсорів (акселерометри, гіроскопи, компаси) для стабілізації, навігації тощо [37]; **TransDigm Group** — конгломерат, що виробляє безліч авіадеталей, включно з батареями, зарядками, конекторами — давно постачає військовим і тепер це виходить на комерційний ринок дронів [38]; **NVIDIA** — вже тоді партнер DJI, їх процесор Tegra входив до комп'ютера Manifold для ШІ на дроні [35]; **MicroPilot** — канадський спец по автопілотах, >850 клієнтів, включно NASA, Northrop — показано, що вузькоспеціалізований постачальник для різних масштабів [33]. Хоч стаття 2016 р., проте всі названі компанії актуальні: InvenSense нині TDK і досі sensori в дронах, NVIDIA навіть сильніша, MicroPilot лишається гравцем. Цю інформацію використано у розд. 3 (постачальники компонентів) для надання прикладів ключових компаній по напрямках: sensori (InvenSense), силова електроніка (IXYS), великі авіапостачальники (TransDigm),

ШІ-чипи (NVIDIA) й автопілоти (MicroPilot). Це підкреслило, що компонентний ринок різноплановий і деякі неpubлічні компанії відіграють значну роль.

7. **Fact.MR — U.S. Drone Market Outlook 2034 (2024)** — *Звіт із прогнозами по США*. Використано: кількість зареєстрованих дронів в США станом на 31.05.2024 — 383 302 комерційних vs 392 468 рекреаційних [9] (підтверджує ~порівну). Також дані: обсяг продажів 2024: \$6,58 млрд, прогноз 2034: \$31,34 млрд (CAGR ~16,9%) [10] — використано в розд. 1 для загальних оцінок. Згадано, що військові дрони триматимуть високу частку ринку США через витрати на оборону [4] — застосовано в аналізі сегментації (військовий домінує). У «Category-wise» є поділ на consumer/civil, commercial, military — це допомогло структурувати сегменти, хоча цифр там прямих нема. Також у звіті перераховано ключові компанії: 3DR, Boeing, Northrop, AeroVironment, General Atomics, TransDigm, InvenSense, Martin UAV [67] — цікаво, що серед них є не тільки OEM (Boeing, GA), а й компонентники (TransDigm, InvenSense). Це використано, щоб підкреслити роль компонентних фірм (у розд. 3). Крім того, було згадано: Boeing у 2021 відкрив завод для MQ-25 [25] (використано при описі Boeing/Insitu у розд. 2) та Martin UAV (AI V-Bat) у 2023 [68] — означає інновації, теж згадано. Це джерело корисне, бо містить актуальні цифри FAA та підтверджує деякі пріоритети. Його надійність (Fact.MR) середня, але дані збігаються з FAA й іншими джерелами.

8. **SkyQuestt — Unmanned Ground Vehicle Market Companies (2025)** — Зокрема: BAE Systems (UK), General Dynamics (USA), Northrop (USA), Lockheed Martin (USA) згадані як топ гравці глобально. Це підтвердження, що найбільші оборонні корпорації присутні на ринку наземних роботів. Витяги використано при переліку виробників наземних дронів (розд. 2) — ми згадали GD, Lockheed, Northrop і BAE. Також ця ідея підсилена іншим.

9. **NextMSC — U. S. Unmanned Ground Vehicle Market (2025)** — *Детальний звіт по ринку UGV США*. Звідти взято: розмір ринку UGV США \$582,2 млн (2023) до \$763,6 млн (2030), 4271 одиниця (2023) до 7111 (2030) [32] — цифри використані в розд. 2 (щоб оцінити масштаби). Важливі тези: DoD все більше використовує UGV, виділено \$857,9 млрд на оборону FY2023, що стимулює попит на UGV [69]; наводяться приклади інвестицій: GDLS запустив S-MET, Teledyne FLIR отримав замовлення на Centaur UGV [30] — ці приклади використано, коли описувались наземні: Centaur (саперний робот) і S-MET (робот транспортер від GD). Також прямо названо ключових гравців на ринку США: **L3Harris, Teledyne FLIR, General Dynamics** — це ми процитували [30]. Цей звіт дуже корисний для розділу про наземні дрони, бо дав конкретику про ринок США і підтвердив

які компанії лідирують. Враховуючи, що наземні дрони не були фокусом основних джерел, цей дав потрібну вагу темі.

10. **Skydio — Press Release (USAID Drones to Ukraine, 2022)** — *Пресреліз про поставку Skydio дронів Україні для документування воєнних злочинів*. Хоч ми його напряду не цитували, але зі списку джерел [21] видно, що USAID передав 9 дронів Skydio 2+ українській прокуратурі [70]. Ця інформація відома з медіа: використали в тексті тезу, що Skydio постачала дрони Україні (згадка «Skydio надала для фіксації воєнних злочинів» у розд. 7). Також були знання, що AeroVironment пожертвував 100 Quantix [24] — ми це згадали при описі AeroVironment (розд. 2) та впливу на Україну. Такі конкретні факти підкріплюють наш аналіз, чому американські дрони важливі Україні (для розвідки, доказів).

11. **DroneXL — «US Drone Makers Leverage «Battle-Tested in Ukraine» (2024)** — *Стаття про маркетинговий бік участі американських дронів у війні в Україні*. Дуже інформативне джерело для розд. 7 (висновків). Витягли: цитата екс-СІА, що зараз жоден дрон в США не подається без ярлика «перевірений в Україні» — всі хочуть це показати [71]; статистика від міністра Федорова: 96% дронів на фронті 2024 — українські, решта переважно китайські, частка американських мінімальна [20]; подробиці про невдачі — компанії визнають проблеми на фронті через РЕБ; історія з General Atomics, що пропонувала Reaper за \$1, але \$10 млн треба на транспорт і \$8 млн щорічно — Україна відмовила [18]; Skydio CEO рекламував внесок, але визнав, що їх дрони «не надто успішні на фронті» [21]; думка, що краще витратити гроші на тисячі дрібних дешевих, ніж один дорогий — відображено в тексті розд. 7; також критикує Skydio за PR > реальна допомога [72]; зазначає швидкий ріст оцінки Anduril завдяки такому маркетингу [22]. Ми використали ці дані, щоб: а) показати, що дешеві споживчі/українські дрони виявились ефективніші в масі, ніж дорогі одиниці (для висновку про релевантність — Україні потрібні масові рішення)[20]; б) згадати про спробу GA продати Reaper і її провал — ілюстрація, чому імпорт hi-end не завжди вигідний [18]; в) підкреслити «battle-tested» тренд — що український досвід став маркетинговим фактором, і українські дрони теж зможуть так просуватися; г) відзначити критично, що деякі американські компанії більше заробили, ніж допомогли (цитата про PR vs substance) [72] — це натяк про ефективність витрачання коштів. Також DroneXL згадав про флоридський бан DJI, який дорогий для бюджету (ми вже знали, але ще раз переконались) — це додало аргументів про імпортозаміщення. Загалом, це джерело дало нам реалістичний погляд, що імпортні дорогі дрони в Україні — не панацея, і підтвердило важливість локального виробництва та дешевих систем. Використано у розд. 7.

12. **Heritage Foundation** — «Why Did Congress Strip Chinese Drone Ban from NDAA?» (2020) — *Стаття-позиція про заборону китайських дронів*. Використана як підтекст для законодавчих дій. Наведено: Конгрес 2020 намагався, але зрештою бан DJI у NDAA не пройшов (загалом відомо, що лише DoD під заборону, не всі агенції). Безпосередньо не цитували, але на його основі згадали про 2020 NDAA заборону для DoD [45]. Це допомогло сформулювати у розд. 4, що в 2020 Конгрес заборонив Пентагону китайські дрони й пішла хвиля. Також з інших джерел (Science.org, Ахон) дізналися про невдоволення науковців (що було згадано теж).

---

[1] [14] [41] [58] U.S. Agriculture Drone Market Size & Share | Report, 2030  
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/us-agriculture-drone-market-report>

[2] [40] [44] [48] [51] [63] [64] [65] Current Trends and Future Directions in the Commercial Drone Industry | Commercial UAV News  
<https://www.commercialuavnews.com/current-trends-and-future-directions-in-the-commercial-drone-industry>

[3] [11] [16] [53] [54] [55] [56] [57] Drone Market Size, Share, Trends | CAGR of 10.1%  
<https://market.us/report/drone-market/>

[4] [9] [10] [25] [67] [68] U.S. Drone Market Size & Growth Analysis By 2034  
<https://www.factmr.com/report/us-drone-market>

[5] [6] Drones Aid NOAA Scientists with Hurricane Tracking and Animal Monitoring | FedTech Magazine  
<https://fedtechmagazine.com/media/video/drones-aid-noaa-scientists-hurricane-tracking-and-animal-monitoring>

[7] [13] [17] [42] North America Drone Market - Share, Growth & Industry Analysis  
<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/north-america-drones-market>

[8] [12] [28] [59] [60] [61] [62] U.S. Consumer Drone Market Size | Industry Report, 2030  
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/us-consumer-drone-market-report>  
[15] [39] Wow Drone marketplace released at XPONENTIAL 2025 to advance the approach towards drone services booking  
<https://eijournal.com/news/people-and-events/wow-drone-marketplace-released-at-xponential-2025-to-advance-the-approach-towards-drone-services-booking>

[18] [19] [20] [21] [22] [52] [71] [72] US Drone Makers Leverage 'Battle-Tested In Ukraine' Claims  
<https://dronexl.co/2024/11/20/us-drone-makers-battle-tested-ukraine-claims/>

[23] AeroVironment - Wikipedia

<https://en.wikipedia.org/wiki/AeroVironment>

[24] AeroVironment Donates Over 100 Quantix Recon Unmanned ...

<https://www.avinc.com/resources/press-releases/view/aerovironment-donates-over-100-quantix-recon-unmanned-aircraft-systems-to-the-ministry-of-defence-of-ukraine-and-territorial-forces>

[26] ANAFI USA | Trusted Drone & Proven Globally - Parrot

<https://www.parrot.com/en/drones/anafi-usa/proven-and-trusted>

[27] As DJI shrinks, these drone manufacturers are growing

<https://www.thedronegirl.com/2023/12/18/biggest-drone-manufacturer/>

[29] [34] 2025 U.S. Drone Manufacturers - Comprehensive List | ModalAI, Inc.

[https://www.modalai.com/pages/us-drone-manufacturers-comprehensive-list?srsltid=AfmBOoqm8s4te5CL4c9SkaluLGz\\_WBwg3-yev-lXRDWcV4eLzzbAYOoj](https://www.modalai.com/pages/us-drone-manufacturers-comprehensive-list?srsltid=AfmBOoqm8s4te5CL4c9SkaluLGz_WBwg3-yev-lXRDWcV4eLzzbAYOoj)

[30] [31] [32] [69] U.S. Unmanned Ground Vehicle Market Analysis | 2024– 2030

<https://www.nextmsc.com/report/us-unmanned-ground-vehicle-market>

[33] [35] [36] [37] [38] [66] Top 5 Drone Component Companies to Watch - DRONELIFE

<https://dronelife.com/2016/09/06/top-5-drone-component-companies/>

[43] Progress on BVLOS Rulemaking - DRONELIFE

<https://dronelife.com/2025/05/15/progress-in-bvlos-rulemaking-a-turning-point-for-u-s-commercial-drone-operations/>

[45] US House passes act that seeks to ban Chinese drones

<https://www.unmannedairspace.info/latest-news-and-information/us-house-passes-act-that-seeks-to-ban-chinese-drones/>

[46] [47] Possible ban on Chinese-made drones dismays U.S. scientists

<https://www.science.org/content/article/possible-ban-chinese-made-drones-dismays-u-s-scientists>

[49] Blue UAS Cleared Drone List

<https://www.diu.mil/blue-uas-cleared-list>

[50] Parrot ANAFI USA Gov Edition - Advexure

<https://advexure.com/products/parrot-anafi-usa-gov-edition?srsltid=AfmBOorgJWCcRAeRDonihUWjf6PQr1DyiSZ3pgXqN4YGOD1dFbL1mYUr>

[70] USAID delivers drones to Ukraine to help document war crimes

<https://fedscoop.com/usa-id-delivers-drones-to-ukraine/>