

УДК 623.618.3

*Кулдашев Асрор Махмудович
старший преподаватель кафедры*

*Института информационно-коммуникационных технологий
и военной связи Республики Узбекистан*

**ТАКТИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РОЯ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: СРАВНЕНИЕ
КИТАЙСКОЙ СИСТЕМЫ «ATLAS» И АМЕРИКАНСКИХ
ПРОГРАММ «PERDIX/OFFSET»**

*Kuldashev Asror Maxmudovich
Senior Lecturer of the Department*

*of the Institute of Information and Communication Technologies
and Military Communications of the Republic of Uzbekistan*

**TACTICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE USE OF A SWARM
OF UNMANNED AERIAL VEHICLES: A COMPARISON OF THE
CHINESE ATLAS SYSTEM AND THE AMERICAN PERDIX/OFFSET
PROGRAMS**

Аннотация. В статье рассматривается новейшая китайская система управления роем беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) «Atlas» и проводится её тактико-экономическое сравнение с американскими программами «Perdix/OFFSET». Анализируются технические характеристики, алгоритмы взаимодействия, а также экономическая эффективность применения в современных конфликтах. Особое внимание уделено переходу от индивидуального управления аппаратами к сетевым операциям под контролем одного оператора.

Ключевые слова: БПЛА, рой дронов, система «Atlas», спуфинг, экономическая эффективность, алгоритмическая война.

Abstract. This article examines the latest Chinese unmanned aerial vehicle (UAV) swarm control system, Atlas, and compares its tactical and economic performance with the American Perdix/OFFSET programs. The technical characteristics, interaction algorithms, and cost-effectiveness of its use in modern conflicts are analyzed. Particular attention is paid to the transition from individual control of UAVs to network-centric operations under a single operator.

Keywords: UAVs, drone swarms, Atlas system, spoofing, cost-effectiveness, algorithmic warfare.

Развитие беспилотных технологий в КНР перешло на этап реализации «алгоритмической войны», где ключевым фактором становится не количество аппаратов, а эффективность их сетевого взаимодействия. Система «Atlas», разработанная корпорацией China Electronics Technology Group Corp (CETC), представляет собой интегрированную цепь поражения (kill chain), объединяющую разведку, целеуказание и ударные функции в единый автономный цикл [1].

Система «Atlas» базируется на наземном мобильном узле и включает три ключевых компонента:

боевая машина Swarm-2. Мобильная пусковая установка, способная нести до 48 БПЛА самолетного типа;

командно-штабная машина. Позволяет одному оператору одновременно координировать до 96 беспилотников;

машина обеспечения. Отвечает за логистику, техническое обслуживание и непрерывность связи в ходе длительных миссий.

Интервал пуска: 3 секунды между аппаратами. Такой темп обеспечивает безопасную дистанцию и быстрое формирование плотного строя в воздухе без риска столкновений.

Полезная нагрузка: дроны могут оснащаться электрооптическими системами разведки, ударными боеприпасами или ретрансляторами связи.

Рассмотрим тактические алгоритмы и «умный мозг» роя. Основой тактики «Atlas» является использование ИИ-алгоритмов («умного мозга»), которые позволяют каждому аппарату в рое обмениваться данными и автономно корректировать положение в строю [2]. В ходе испытаний в марте 2026 года система продемонстрировала следующие возможности:

скоординированная разведка – рой автономно распределяет сектора обзора для поиска целей;

автономная идентификация – система способна выделить приоритетную цель (например, командирскую машину) среди нескольких визуально схожих объектов;

динамическое перегруппирование – возможность формирования многофункциональных групп внутри одного роя для одновременного выполнения различных задач (разведка, удар, подавление связи).

Китайские военные эксперты выделяют три основных сценария применения системы «Atlas» [2]:

1. Атаки насыщения. Перегрузка систем ПВО противника за счет одновременного подлета большого числа целей с разных направлений.

2. Высокоточные удары. Поражение мобильных целей с использованием барражирующих боеприпасов, имеющих более высокую точность, чем традиционная артиллерия.

3. Глубокое проникновение. Использование низковысотных профилей полета и малой заметности дронов для ударов по тыловой инфраструктуре на больших дистанциях.

Рассмотрим математические модели и алгоритмы автономного взаимодействия [3]. Эффективность системы «Atlas» строится на отказе от жесткой иерархии в пользу децентрализованного управления (Swarm Intelligence). Ключевыми алгоритмами здесь являются:

1) Алгоритм «Консенсуса» (Consensus Algorithm) – позволяет всем единицам роя прийти к единому решению о распределении целей без

участия оператора. Если один дрон обнаруживает ПВО, информация мгновенно распространяется по сети, и рой перестраивает траекторию (облет флангом).

2) Метод искусственных потенциальных полей (APF) – используется для навигации в плотном строю. Каждая цель создает «притягивающее» поле, а соседние дроны и препятствия – «отталкивающее». Это исключает столкновения аппаратов при маневрах на высоких скоростях.

3) Динамическое распределение задач (Contract Net Protocol) – дроны «торгуются» между собой за выполнение задачи. Ближайший к цели аппарат с достаточным зарядом аккумулятора берет на себя ударную функцию, в то время как другие обеспечивают РЭБ-прикрытие или ретрансляцию сигнала.

Необходимо отметить эффективность системы «Atlas» против средств РЭБ (радиоэлектронной борьбы), которая строится на следующих технических решениях:

1. Псевдослучайная перестройка рабочей частоты (FHSS) – система меняет несущую частоту с очень высокой скоростью (тысячи скачков в секунду). Глушилка просто не успевает «приклеиться» к узкому диапазону, в котором в данный момент идет передача данных.

2. Адаптивное управление мощностью и частотой – «Атлас» анализирует уровень помех в реальном времени. Если конкретный участок спектра забит шумом, алгоритм автоматически исключает эти частоты из цикла перестройки и переходит на «чистые» каналы.

3. Широкополосная модуляция (LPI/LPD) – использование сигналов с низкой вероятностью перехвата и обнаружения. Энергия сигнала «размазывается» по широкому спектру, из-за чего он становится трудноотличимым от фонового шума для стандартных детекторов РЭБ.

4. Помехоустойчивое кодирование (FEC) – применение избыточности данных. Даже если часть пакетов будет потеряна из-за

воздействия РЭБ, алгоритмы восстановления позволяют воссоздать целостную картинку или команду без повторной передачи.

5. Направленные антенны и цифровая обработка сигналов (DSP) – система способна формировать узкий луч в сторону оператора или спутника, игнорируя сигналы, приходящие с других направлений (где могут располагаться наземные станции помех).

Для борьбы со спуфингом (подменой координат) и глушением GPS китайская система «Atlas» (а также аналогичные платформы уровня AtlasPRO) применяет многоуровневую архитектуру защиты. Основная задача здесь – не просто «отфильтровать» шум, а сохранить навигацию в условиях, когда спутниковый сигнал полностью недоступен или намеренно искажен.

Вот ключевые технические параметры защиты навигации [4]:

1. Интеллектуальное обнаружение спуфинга (SDR-анализ). Система не просто принимает сигнал, а анализирует его структуру в реальном времени с помощью программно-определяемой радиосистемы (SDR), которая включает:

анализ мощности – спуфинговый сигнал обычно сильнее настоящего, так как должен «перебить» его. «Atlas» отслеживает резкие скачки амплитуды;

проверка доплеровского смещения – система сравнивает изменение частоты сигнала от каждого спутника с моделью движения БПЛА. Поддельный наземный сигнал не совпадает с этой моделью по параметрам Доплера;

временные метки – проверка соответствия меток времени между разными спутниками для выявления аномалий («скачков» времени) [3].

2. Технология Null-Steering (Цифровое формирование луча). Адаптивные антенные решетки позволяют системе «Atlas» физически «отсекать» помехи следующим образом:

формирование «нулей» – при обнаружении источника глушения или спуфинга с конкретного направления (например, снизу или сбоку), цифровой процессор создает «ноль» чувствительности в диаграмме направленности антенны в ту сторону;

приоритет «чистого» неба – антенна продолжает принимать чистые сигналы от спутников, находящихся в зените, игнорируя наземные средства РЭБ [5].

3. Комплексование датчиков (Sensor Fusion). Если спутниковый сигнал признан недостоверным, «Atlas» переходит на автономный режим, используя данные от других систем:

инерциальная система (INS/IMU) – БПЛА опирается на акселерометры и гироскопы высокого класса, что позволяет продолжать полет по «счислению пути» (dead reckoning) в течение нескольких минут без накопления критической ошибки;

визуальная одометрия (VNS) – использование видеокамер для отслеживания перемещения относительно земной поверхности. Система сравнивает видеопоток с загруженными картами высот и ориентиров, что делает БПЛА полностью независимым от GPS. [5]

4. Режим «No GPS» и Mesh-навигация:

Ручное управление без GPS – в случае полного подавления спутников система позволяет оператору сохранять полный контроль над аппаратом в ручном режиме без потери ориентации в пространстве;

Навигация в рое (Mesh) – дроны в группе могут обмениваться данными о своем положении относительно друг друга. Если хотя бы один дрон в «облаке» (стае) поймал чистый сигнал, он транслирует координаты всей группе через защищенную Mesh-сеть. [5]

Сравнение китайской системы с ведущими западными разработками (программы DARPA) выявляет различия в доктринах. В то время как США делают упор на интеграцию роев в тактическое звено (поддержка пехоты в

городе), китайский «Atlas» спроектирован как инструмент стратегического сокрушения [6]. Это «дешевая крылатая ракета», которая за счет массовости делает бессмысленным использование дорогих зенитных ракет типа Patriot или IRIS-T (стоимость ракеты в десятки раз выше стоимости дрона).

Проведем экономическое сравнение систем управления роем БПЛА КНР и США. Современные концепции применения роя БПЛА формируются не только под влиянием технологических возможностей, но и в рамках ограничений военных бюджетов, стоимости вооружений и принципов экономической эффективности. В этой связи целесообразно рассмотреть сравнительный экономический анализ китайской системы «Atlas» и американских программ «Perdix/OFFSET».

Китайская модель «Atlas» ориентирована на концепцию массового дешёвого средства поражения, где ключевым показателем выступает отношение стоимости к боевому эффекту.

Условно показатель экономической эффективности можно представить, как:

$$E_i = \frac{P_{hit} \cdot V_{target}}{C_{drone}} \quad (1)$$

где:

P_{hit} – вероятность поражения цели;

V_{target} – ценность цели;

C_{drone} – стоимость одного БПЛА.

Для китайской системы характерно снижение C_{drone} за счёт серийного производства, упрощённой конструкции (барражирующие боеприпасы) и масштабного промышленного кластера КНР.

В отличие от этого, американские программы «Perdix» и «OFFSET» ориентированы на высокотехнологичные, но более дорогие решения, что

увеличивает стоимость единицы системы при сохранении ограниченного ударного потенциала.

Таким образом, китайская модель демонстрирует более высокую экономическую эффективность в сценариях массового применения.

Рассмотрим стоимость преодоления ПВО (Cost Imposition Strategy). Одним из ключевых экономических факторов является стратегия навязывания затрат противнику. Китайская система «Atlas» реализует принцип:

$C_{attack} \ll C_{defense}$, где стоимость атаки существенно ниже стоимости обороны. Например, дешёвый дрон (условно десятки тысяч долларов), против него применяется дорогостоящая ракета ПВО (сотни тысяч или миллионы долларов) [6]. Это приводит к экономическому истощению обороняющейся стороны.

Американская концепция, напротив, ориентирована на снижение потерь личного состава, повышение точности, поддержку тактических подразделений.

Очевидно, что Китай делает ставку на экономическое истощение противника, США – на оптимизацию боевого применения при высокой стоимости единицы.

Экономическая эффективность также определяется способностью системы к масштабированию. Для КНР свойственны централизованное промышленное производство, возможность быстрого наращивания выпуска и низкая зависимость от импортных компонентов. Для США – высокая доля НИОКР, зависимость от сложных технологических цепочек и ограниченная скорость масштабирования.

Введём показатель масштабируемости:

$$S = \frac{N_{max}}{T_{deploy}} \quad (2)$$

где:

N_{max} – максимальное количество разворачиваемых БПЛА;

T_{deploy} – время разворачивания.

Китайская система обладает более высоким значением S , что критично для ведения интенсивных конфликтов.

Проанализируем экономику жизненного цикла (Life-Cycle Cost). Полная стоимость системы включает не только закупку, но и эксплуатацию. К примеру, для «Atlas» характерны низкие затраты на обслуживание, одноразовые ударные платформы и упрощённая логистика.

Для «Perdix/OFFSET» свойственна высокая стоимость эксплуатации, необходимость постоянного обновления ПО и ИИ, а также сложная инфраструктура управления.

Таким образом, китайская модель ближе к концепции расходоуемого оружия, тогда как США инвестируют в долгосрочные технологические платформы.

Ключевое различие лежит и в экономических моделях. У КНР государственно-ориентированная модель с интеграцией ВПК и гражданской промышленности (dual-use экономика), а у США – рыночная модель с высокой ролью частных подрядчиков и DARPA. Всё это приводит к различиям в скорости внедрения технологий, в стоимости контрактов и в гибкости модернизации.

Таким образом, подводя итог, можно сказать, что система «Atlas» знаменует собой качественный скачок в китайской военной доктрине, переводя роевые технологии из области экспериментов в плоскость серийных операционных решений. Способность одного оператора управлять массовым формированием дронов радикально снижает человеческий фактор и повышает масштабируемость боевых операций.

Экономический анализ показывает, что:

система «Atlas» представляет собой инструмент асимметричного давления, основанный на массовости и низкой стоимости;

американские системы «Perdix/OFFSET» являются технологически продвинутыми, но более затратными решениями, ориентированными на точечное применение;

в условиях высокоинтенсивного конфликта преимущество получает модель с лучшим соотношением «стоимость-эффект-масштаб», что в текущей конфигурации характерно для китайского подхода.

Использованные источники:

1. CCTV News. "No-Man's Land, Episode 1: Swarm Attack". Мартовская демонстрация системы Atlas, 25.03.2026.

2. Global Times. Анализ применения системы управления роем Atlas в условиях современного боя, 26.03.2026.

3. Army Recognition. "China's New Atlas Drone Swarm System Demonstrates Algorithm-Driven Warfare", 25.03.2026.

4. Донсков Ю. Е. и др. «Способы применения БПЛА в тактической зоне».

5. Аблец А. А., Стребков А. Н. «Опыт создания роя БПЛА в вооруженных силах иностранных государств».

6. Ващенко А. Н., Чжан Цзыян. «Разработка и производство БПЛА: опыт КНР».