

Лэй Энстазия

Цифровизация эшелонированной обороны от
беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

Лэй Энстазия Цифровизация эшелонированной обороны от беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

<https://litres.ru/74316252>

SelfPub; 2026

Аннотация

Книга аналитика по ИИ и противодействию БПЛА — это исследование фундаментальной трансформации войны, где дрон становится не «летающей бомбой», а «летающим компьютером». Автор доказывает: «серебряной пули» не существует, а устойчивую оборону можно построить только как эшелонированную, многоуровневую систему, объединяющую РЭБ, кинетику, пассивную защиту и биологические методы. Особое внимание уделяется роли искусственного интеллекта и генеративных нейросетей — от мультисенсорного слияния и автономного захвата целей до алгоритмов, принимающих моментальные решения. В книге раскрыта экономика «безумия», когда перехват дешёвого дрона обходится дороже цели, и показан переход от статичных средств к живой, самообучающейся системе, где ключевой фактор победы — не

сложность технологий, а скорость адаптации. Издание содержит дополнительные материалы, делая его настольным руководством для военных, инженеров и стратегов, стремящихся осмыслить войну как бесконечное состояние, а не единичное событие.

Содержание

Введение. Гонка без финиша: почему война с дронами – это состояние, а не событие	5
Часть I. Философия обороны: почему не существует «серебряной пули»	12
Часть II. Сенсорная основа: «глаза, уши и разум» системы	24
Часть III. Радиоэлектронная борьба (РЭБ): первый щит и его крушение	35
Часть IV. Кинетические методы и «последний рубеж»	46
Часть V. Пассивная защита и нетрадиционные решения	55
Конец ознакомительного фрагмента.	58

Лэй Энстазия Цифровизация эшелонированной обороны от беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

**Введение. Гонка без финиша:
почему война с дронами –
это состояние, а не событие**

Я помню тот день. 10 марта 2022 года.

Тогда еще никто не понимал, что мы стали свидетелями тектонического сдвига. Хоббийные игрушки, которые год назад казались безобидными развлечениями, вдруг превратились в оружие, способное уничтожить танки за \$4,5 млн. Соотношение цены атаки и цели — 1 к 11 250. Экономика войны рухнула в одночасье.

Но это было только начало. То, что мы наблюдаем сего-

дня — в 2026 году, — это не просто эволюция. Это революция, которая ускоряется с каждым днем. И я пишу эту книгу не как историк и не как журналист. Я пишу ее как человек, который последние годы посвятил изучению того, как искусственный интеллект и генеративные нейросети меняют саму ткань войны. Это не просто моя работа. Это моя одержимость.

Два файла, одна правда

Прежде чем я начну, позвольте мне объяснить, откуда взялась эта книга.

Она родилась из двух аналитических трудов. Первый — практическое руководство по противодействию БПЛА. Это «щит». Он детально описывает, как строить оборону от дронов: РЭБ, лазеры, дробовики, сетки, собаки, акустика. Как интегрировать их в единую эшелонированную систему.

Второй — эволюционная история самих боевых БПЛА как угрозы. Это «меч». Он прослеживает путь от «летающих торпед» Первой мировой до самопрограммируемых дронов с ИИ и нейроинтерфейсами. Он показывает, как каждый новый виток эволюции угрозы ломал существующие средства обороны.

Вместе они описывают бесконечную гонку «меча и щита». И если вы думаете, что эта гонка когда-нибудь закончится, — вы ошибаетесь.

Скорость, от которой захватывает дух

Посмотрите на эти цифры. Вглядитесь в них.

От «летающей торпеды» до FPV-дрона прошло 100 лет. От FPV до оптоволоконного дрона — 2 года. От оптоволоконного до самопрограммируемого ИИ — еще 2 года. Ритм сжимается. Экспоненциально.

В 2025 году профессор Питер Бёрк показал, что генеративный ИИ может написать 10 000 строк кода для управления дроном за 100 часов — в 20 раз быстрее, чем команда программистов за четыре года. Дрон больше не нуждается в человеке, чтобы создать свой «мозг». Он может сделать это сам.

А в мае 2026 года китайские ученые опубликовали алгоритм HG-STR. Рой дронов, оснащенный этим алгоритмом, принимает решение за 6,6 миллисекунды. Успешность миссии — 96%. Эффективность уничтожения — 100%. Рой может быть отправлен в зону повышенного риска, в условиях полного глушения связи, отрезанный от управления людьми, с единственным приказом: «Найти и уничтожить».

6,6 миллисекунды. Человеческий рефлекс — около 200 миллисекунд. Мы уже не просто отстаем. Мы уже не в той весовой категории.

Три мира, которые не могут договориться

В июле 2026 года около 200 нобелевских лауреатов, экспертов, религиозных лидеров и бывших глав государств подписали Римскую декларацию. Они призвали «разоружить следующую гонку вооружений» и обеспечить «осмысленный человеческий контроль» над решениями о жизни и смерти.

Это благородно. Это правильно. Это необходимо.

Но пока они подписывали, в мире происходило вот что:

- Китай разрабатывал HG-STR — алгоритм, который позволяет рюю дронов уничтожать все цели со 100% эффективностью, даже без связи с оператором.

- США впервые применили WarMatrix — систему ИИ для военного планирования, которая просчитывает сценарии в 10 000 раз быстрее реального времени.

- Россия с апреля 2026 года создает «единую информационную среду» как первый этап цифровизации армии. В ПВО всех группировок внедряется система поддержки решений на основе ИИ. Эффективность подразделений, интегрированных в эту среду, в три раза выше, чем у обычных расчетов.

Три державы. Три разные стратегии. Одна общая реальность: гонка уже идет. И она не остановится.

Почему я пишу эту книгу

Я пишу эту книгу, потому что мы стоим на пороге того, что я называю «цифровым ядерным оружием».

В 95% симуляций ядерного кризиса ИИ выбирал ядерный удар. У него нет морального табу. Он не боится. Он не колеблется. Он просто оптимизирует целевую функцию.

И это не футурология. Это происходит здесь и сейчас.

Генеративные нейросети способны за 48 секунд создать 10 000 военных сценариев — на планирование которых у командира раньше уходило 48 часов. Алгоритмы принимают

решения за 6,6 миллисекунды. Дроны пишут свой собственный код. Рои координируются без человеческого участия.

Мы создали интеллект, который мыслит быстрее нас, планирует лучше нас и не знает страха. И теперь мы пытаемся понять, как с этим жить.

О чем эта книга

Эта книга — не учебник. Не инструкция. Не манифест.

Это попытка зафиксировать момент. Момент, когда война перестала быть событием и стала состоянием. Момент, когда «победа» перестала означать «конец» и стала означать «адаптацию».

Я расскажу вам:

- Как строится эшелонированная оборона от дронов — от радаров до собак, от лазеров до «арканов».

- Как РЭБ, которая когда-то была «серебряной пулей», стала бесполезной против оптоволоконных дронов.

- Как ИИ меняет обнаружение, классификацию, принятие решений и воздействие.

- Как генеративные нейросети планируют бои за миллисекунды.

- Как самопрограммируемые дроны пишут свой собственный код.

- Как архитектуры будущего — SHIELD, SAPIENT, IntelliSwarm — делают рой устойчивым к РЭБ.

- И, самое главное, — почему побеждает не супер-оружие, а адаптивная система.

Гонка без финиша

Война с дронами — это не событие, которое можно выиграть. Это состояние, в котором мы живем.

Каждый новый щит рождает новый меч. И наоборот.

- РЭБ Оптиковолокно.

- Оптиковолокно Перехватчики.

- Оператор ИИ.

- ИИ Состязательные атаки.

- Дорогие платформы Микро-фабрики и 3D-печать дешевых роев.

Побеждает не тот, у кого самая сложная технология. Побеждает тот, у кого самая высокая скорость организационного обучения. Армия, которая может перестроить тактику за месяц, победит армию, которая строила стратегию десять лет.

И это требует от нас не просто новых технологий. Это требует новой философии. Нового мышления. Нового понимания того, что такое война.

Мое приглашение вам

Я приглашаю вас в это путешествие. Не как пассивных читателей, а как со-исследователей.

Задавайте вопросы. Сомневайтесь. Спорьте.

Потому что если есть что-то, чему научила меня эта гонка без финиша, так это то, что уверенность — это роскошь, которую мы больше не можем себе позволить.

Мы живем в мире, где алгоритм может принять решение

о войне за 6,6 миллисекунды. Где дрон может переписать свой код в реальном времени. Где грань между обороной и нападением стирается быстрее, чем мы успеваем ее осознать.

И единственное, что у нас есть, — это наша способность адаптироваться. Наша готовность меняться. Наша решимость не отставать.

Потому что в этой гонке проигравших не судят. Проигравших просто не существует.

Добро пожаловать в войну, которая никогда не заканчивается.

Добро пожаловать в состояние, а не в событие.

Добро пожаловать в будущее.

Часть I. Философия обороны: почему не существует «серебряной пули»

Я начну с признания, которое далось мне тяжелее всего за годы работы над этой книгой.

В 2022 году, когда FPV-дроны впервые массово появились под Гостомелем, я, как и многие мои коллеги, искал одно решение. Один прибор. Одну технологию. Один «волшебный выключатель», который решит проблему раз и навсегда.

Я ошибался.

Я ошибался так же, как ошибались те, кто верил, что РЭБ станет панацеей. Как ошибались те, кто думал, что лазеры решат всё. Как ошибаются сегодня те, кто думает, что ИИ сам по себе спасёт нас.

Война с дронами — это не война технологий. Это война систем. И пока вы не поймёте это до конца, вы будете проигрывать.

Дрон как «летающий компьютер»: смена парадигмы угрозы

Большинство людей до сих пор думают о дронах как о камерах с пропеллерами. Это опасное заблуждение.

Современный беспилотник — это не просто «летающая бомба». Это «летающий компьютер» с IP-адресом, операционной системой, каналами связи, сенсорами и программным обеспечением. Он уязвим для тех же атак, что и наземные компьютеры. Его можно взломать, им можно управлять удалённо, его можно обмануть.

И это меняет всё.

Когда вы имеете дело с «летающей бомбой», вы думаете о кинетике. О том, как её сбить. О том, как её уничтожить. Но когда вы имеете дело с «летающим компьютером», вы должны думать о другом. О том, как его ослепить. Как его обмануть. Как его перепрограммировать. Как заставить его работать против того, кто его запустил.

Переход от дистанционного управления к полной автономии означает, что дрон может преодолевать три ключевые слабости: поддержание работы при нарушении связи, точную идентификацию целей и координацию в условиях радиоэлектронного противодействия. Искусственный интеллект позволяет дронам самостоятельно собирать данные, анализировать угрозы и проводить роевые операции даже то-

гда, когда связь потеряна или применяются средства РЭБ.

Это не эволюция. Это революция.

И она означает, что против такого противника бессмысленно применять одно средство. Вы не можете забить гвоздь микроскопом. Вы не можете потушить пожар бензином. Вы не можете остановить «летающий компьютер» одной пулей.

Вот почему я пишу эту главу. Чтобы вы перестали искать «серебряную пулю». Потому что её не существует. И никогда не существовало.

Экономика безумия: стоимость перехвата против стоимости атаки

Теперь давайте поговорим о деньгах.

Я знаю, это звучит цинично. Война — это не про деньги, скажете вы. Война — про жизни, про победу, про идеалы.

Я отвечу так: без экономической устойчивости нет победы. Вы можете выиграть одно сражение, потратив на него всё. Но вы проиграете войну, потому что у вас не останется ресурсов для следующего.

Посмотрите на цифры. Вглядитесь в них. Они должны напугать вас до дрожи.

FPV-дрон, собранный в полевых условиях, стоит от \$400 до \$1,200. Тяжёлый FPV-дрон — около \$1,200. Танк Т-90М — \$3.84 миллиона. Один танк по цене равен примерно 3,200 тяжёлым FPV-дронам.

Соотношение — 1 к 3,200.

Один Abrams стоит от \$8 до \$10 миллионов. Один FPV-дрон — \$400. Соотношение — 1 к 20,000.

Даже если потребуется десять дешёвых дронов, чтобы уничтожить один танк, соотношение всё равно остаётся 1:1000.

И это только наземная техника. Теперь посмотрим на небо.

Иран использует дроны стоимостью от нескольких тысяч до десятков тысяч долларов. Перехват одного такого дрона ракетой Patriot стоит более \$3 миллионов. Ракета THAAD — от \$12 до \$15 миллионов. Соотношение в лучшем случае составляет 10 к 1, а может достигать 60 или 70 к 1 в пользу атакующего.

В сентябре 2025 года, когда неизвестные дроны проникли в воздушное пространство Польши, силы НАТО сбили их с помощью американских ракет AIM-9 и AIM-120. Каждый перехват обошёлся в миллионы долларов. Каждый дрон стоил тысячи.

«Это игра на деньги», — признали в Пентагоне. И они проигрывают эту игру.

Потому что это не просто асимметрия. Это экономика безумия. Оборона жертвует самыми дорогими частями своих систем, чтобы сбить самые дешёвые цели. Каждый успешный перехват становится стратегическим поражением. Вы сбили дрон? Поздравляю. Вы только что потратили в 70 раз

больше, чем противник. Вы можете делать это ещё несколько раз. А потом у вас закончатся ракеты.

RAND Corporation подтверждает: появление дешёвых коммерческих дронов «резко сместило стоимостную асимметрию в сторону нападения». Каждый доллар, потраченный Ираном на дроны, вынуждает ОАЭ тратить от 15\$ до 35\$ на оборону.

Это не просто тактика. Это стратегия истощения. И обороняющийся проигрывает.

Вот почему я говорю: экономическая целесообразность становится тактической необходимостью. Побеждает не тот, у кого дороже оружие. Побеждает тот, у кого быстрее конвейер и дешевле перехват.

Эшелонированная оборона как единственный устойчивый подход

Если нет «серебряной пули», если экономика работает против обороняющегося — что делать?

Ответ, который я нашёл за годы исследований, звучит просто, но его реализация требует перестройки всего мышления: эшелонированная оборона.

Это не новая идея. Военные строили эшелонированную оборону десятилетиями. Но дроны требуют принципиально иного понимания эшелонирования.

Российский военкор Евгений Поддубный выделил три

ключевых условия для эффективной защиты от БПЛА: наличие радиолокационных станций, мобильность и слаженное взаимодействие подразделений. Новая архитектура ПВО строится на эшелонированных мобильных огневых группах, функционирующих на разных высотах. Каждый эшелон обороны пытается подавить вражеский БПЛА в определённом диапазоне.

Министр обороны России Андрей Белоусов подтвердил: эшелонированная система тактических перехватчиков БПЛА внедрена во всех группировках войск. Ключевой принцип — «не существует РЛС, если её не видно в общей системе». Это означает, что радиолокационные станции, мобильные огневые группы, пункты управления и боевые машины увязаны в единую систему.

Но что значит «эшелонированная» в контексте войны с дронами?

Это значит, что вы строите оборону как вертикально-интегрированную систему, где каждый уровень дополняет другие. Где отказ одного уровня не означает крах всей системы. Где каждый эшелон имеет свои инструменты, свои задачи и свою зону ответственности.

Первый эшелон — дальний. Радары и RF-сканеры, которые видят дрон за километры. Средства РЭБ, которые глушат его сигнал ещё до того, как он станет угрозой.

Второй эшелон — средний. Оптические и тепловизионные системы. Дроны-перехватчики. Лазеры и СВЧ-оружие.

Третий эшелон — ближний. Дробовики. Сетки. «Мангалы» на бронетехнике. Ручные средства поражения.

Четвёртый эшелон — пассивный. Сетчатые купола над объектами. Аэростаты с сетями. Биологические методы — собаки, которые слышат дрон за 400-700 метров.

Каждый эшелон имеет свою экономику. Сбивать дрон ракетой Patriot на дальнем рубеже — дорого. Но иногда необходимо. Сбивать дрон дробовиком на ближнем рубеже — дёшево. Но вы не можете ждать, пока дрон подлетит вплотную.

Искусство эшелонированной обороны — в распределении целей между эшелонами. В том, чтобы использовать правильное средство на правильном расстоянии. В том, чтобы не тратить миллион долларов там, где можно потратить тысячу.

И главное — в поддержании устойчивого темпа реагирования при изменяющейся тактике. Потому что противник меняется. Каждые два-три месяца, как сказал Белоусов. И ваша оборона должна меняться вместе с ним.

Цикл обороны: обнаружение классификация решение воздействие оценка

Теперь — самое важное. Сердце эшелонированной обороны. То, что отличает живую систему от мёртвого набора устройств.

Я называю это циклом обороны. Пять этапов. Каждый критичен. Каждый зависит от других. Каждый должен работать быстрее, чем противник успевает сделать следующий шаг.

Этап 1: Обнаружение

Фундамент. Абсолютный фундамент.

Если ты не видишь цель, ты не можешь её поразить.

Звучит банально, правда? Но в этом и заключается трагедия современной войны. Старые радары не видят маленькие дроны на малых высотах. Они слепнут в городской застройке. Они путают дрон с птицей.

Поэтому мы строим мультисенсорную систему. Радары — видят далеко, но слепнут на малых высотах. Оптика — даёт визуальное подтверждение, но зависит от погоды. Акустика — слышит дрон в режиме радиомолчания. RF-сканеры — анализируют радиочастотный спектр, но бесполезны против оптоволоконных дронов.

Ни один сенсор не совершенен. Но вместе они закрывают слепые зоны друг друга.

И здесь на сцену выходит искусственный интеллект. Нейросети, которые интегрируют данные со всех сенсоров. Которые видят то, что не видит человек. Которые замечают паттерны, недоступные человеческому глазу.

Потому что человек физически не успевает обрабатывать такой поток информации. Мы говорим о тысячах целей. О миллионах данных в секунду. О решениях, которые нужно

принимать за доли секунды.

Этап 2: Классификация

Вы обнаружили объект. Теперь вы должны понять, что это.

Гражданский коптер? Боевой FPV? Разведывательный дрон? Рой?

От этого зависит всё. От этого зависит, какое средство вы примените. От этого зависит, сколько вы потратите.

Классификация — это не просто «опознание». Это понимание намерений. Дрон может лететь просто так. А может нести боеприпас. Дрон может быть одиночкой. А может быть частью роя, где другие дроны уже готовят удар.

Нейросети, обученные на тысячах часов видео и радиолокационных данных, способны классифицировать цель за миллисекунды. Они отличают дрон от птицы с точностью до 99.88%. Они распознают модель дрона по его радиочастотному «почерку». Они понимают, что это за дрон, ещё до того, как он войдёт в зону поражения.

Этап 3: Решение

Теперь вы знаете, что это за цель. Теперь вы должны решить, что с ней делать.

И здесь начинается самое сложное.

Потому что решение — это не просто «сбить или не сбить». Это выбор оптимального средства поражения с учётом экономики, тактики и стратегии.

Сбить FPV-дрон ракетой Patriot? Можно. Но это будет

стоить \$3 миллиона. Сбить его дроном-перехватчиком за \$2,000? Намного лучше. Заглушить его РЭБ? Ещё лучше — если он не оптоволоконный. Обмануть его спуфингом? Идеально — если он полагается на GPS.

ИИ на этом этапе выступает как система поддержки решений. Он анализирует тысячи факторов: тип цели, её скорость, высоту, траекторию, наличие других целей, доступные средства поражения, их стоимость, их готовность, их вероятность успеха.

И он выдаёт рекомендацию. Не приказ. Рекомендацию. Потому что финальное решение — за человеком.

По крайней мере, пока.

Этап 4: Воздействие

Вы выбрали средство. Теперь вы должны его применить.

И здесь всё должно работать безупречно. Потому что у вас может быть только один шанс.

РЭБ — включить глушение на нужной частоте. Лазер — навести и выстрелить. Дрон-перехватчик — отправить в погоню. Дробовик — выстрелить в нужный момент.

Каждое средство имеет свои ограничения. Свою задержку. Свою вероятность успеха. ИИ должен учитывать всё это в реальном времени.

И здесь критически важна скорость. Потому что дрон не ждёт. Он летит. Он маневрирует. Он атакует. Каждая миллисекунда на счету.

Этап 5: Оценка

Вы применили средство. Что произошло?

Цель поражена? Отлично. Переходите к следующей.

Цель не поражена? Немедленно вступает следующий эшелон.

Оценка — это не просто «проверка результата». Это обратная связь для всей системы.

Если вы промахнулись — почему? Неправильно классифицировали? Неправильно выбрали средство? Неправильно навели? Сбои в оборудовании?

Каждый промах — это данные. Каждый успех — тоже данные. И эти данные должны поступать в единую информационную среду. В дата-центры. В «витрину данных». Чтобы нейросети учились. Чтобы система становилась умнее.

Потому что эшелонированная оборона — это не набор устройств. Это процесс.

И этот процесс должен быть живым. Обучающимся. Адаптирующимся.

Я хочу, чтобы вы запомнили одну вещь, пока мы движемся дальше.

В 2026 году я сидел в кабинете с офицером, который командовал мобильной огневой группой. Он показал мне свой планшет. На нём была карта, усеянная десятками точек. Каждая точка — дрон. Свой, вражеский, неопознанный.

«Раньше, — сказал он, — я смотрел в небо и гадал, что там летит. Теперь я смотрю в планшет и знаю».

Он сделал паузу.

«Но иногда я всё равно гадаю. Потому что дроны становятся умнее быстрее, чем мы успеваем их понять».

Я кивнул. Я знал, что он прав.

Цифровизация эшелонированной обороны — это не просто автоматизация. Это фундаментальная смена парадигмы. Переход от статичного набора средств к живой, самообучающейся системе, где искусственный интеллект и генеративные нейросети становятся её центральной нервной системой.

Но это только начало. Потому что, как я уже сказал, побеждает не тот, у кого самая сложная технология. Побеждает тот, у кого самая высокая скорость организационного обучения.

И в следующих главах мы увидим, как эта скорость становится единственным фактором, который имеет значение.

Часть II. Сенсорная основа: «глаза, уши и разум» системы

Я хочу, чтобы вы на секунду закрыли глаза и представили себе комнату, залитую светом тысячи мониторов. На каждом — данные. Радарные развёртки. Тепловизионные силуэты. Спектрограммы радиочастот. Акустические волны. Десятки потоков информации, обрушивающихся на оператора со скоростью, которую человеческий мозг не в состоянии осмыслить.

Это не сцена из научно-фантастического фильма. Это реальность командного пункта противовоздушной обороны в 2026 году.

И знаете, что самое страшное? Даже если у вас есть все эти данные, вы всё равно можете не увидеть дрон. Потому что современный беспилотник — это призрак. Он маленький. Он тихий. Он летит низко. Он может не излучать радиосигналов. Он может сливаться с фоном.

Обнаружение — это краеугольный камень всей эшелонированной обороны. Если ты не видишь цель, ты не можешь её поразить. Это аксиома. Но как увидеть то, что специально создано, чтобы быть невидимым?

Ответ, который я нашёл за годы работы с этими системами, звучит парадоксально: нужно перестать полагаться на

один орган чувств.

Человек видит мир через пять чувств. Система ПВО должна видеть мир через дюжину сенсорных модальностей. Радары, оптика, тепловизоры, акустика, RF-сканеры — каждый из них видит только часть картины. Но вместе они создают целое. Вместе они превращают разрозненные точки данных в единую, осмысленную картину воздушной обстановки.

И в центре этой системы — искусственный интеллект. Не потому что мы хотим заменить человека. А потому что человек физически не успевает обрабатывать такой поток информации.

Радиолокационные станции: дальность и слепые зоны

Начнём с самого очевидного. С того, что первым приходит в голову, когда мы говорим об обнаружении в небе. С радаров.

Радиолокационные станции — это наши глаза на дальних рубежах. Они видят далеко. Они работают в любую погоду. Они не зависят от освещения. Но у них есть одна фундаментальная проблема, которая превращает их из союзника в слабое звено: они не видят маленькие дроны на малых высотах.

Эффективная площадь рассеивания (ЭПР) малого беспилотника может составлять менее $0,01 \text{ м}^2$. Это как пытаться

разглядеть комара на фоне стены. Традиционные радары, созданные для обнаружения самолётов с ЭПР в десятки квадратных метров, просто «не замечают» такие цели.

И это ещё не всё. Дроны летают низко. Очень низко. На высоте нескольких десятков метров над землёй. А радары имеют ближнюю слепую зону — пространство непосредственно вокруг станции, которое она не видит из-за особенностей своей работы. В условиях городской застройки эта проблема становится ещё острее — здания создают отражения и экранируют сигнал.

Поэтому сегодня мы видим появление специализированных радаров для обнаружения БПЛА. Это новый класс систем, спроектированных специально для работы с малыми, медленными и низколетящими целями.

Белорусская РЛС «Родник-3Д», например, способна обнаруживать мультикоптер на дальности до 7 км, а беспилотник планерного типа — до 20 км, и всё это в условиях сложной помеховой обстановки. Российская РЛС «Сокол» массой всего 30 кг предназначена для мобильных огневых групп и фиксирует малые дроны на расстоянии до 2 км, средние — до 5 км.

Но даже самые современные радары не всевидящи. Они не видят дрон, который летит за зданием. Они могут потерять цель на фоне земли. Они могут принять стаю птиц за вражеский рой.

Именно поэтому радар — это только первый слой. Только

самый дальний рубеж. Только начало.

Оптические и тепловизионные системы: визуальное подтверждение

Теперь представьте себе, что вы навели камеру на небо. Что вы видите?

В ясный день — возможно, точку. В сумерках — ничего. В тумане — темноту. Ночью — пустоту.

Оптические системы — это наши глаза. Они дают визуальное подтверждение того, что мы видим на радаре. Они позволяют отличить дрон от птицы, боевой аппарат от гражданского, один тип дрона от другого. Но они капризны. Они зависят от погоды. От освещения. От времени суток.

И здесь на помощь приходят тепловизионные системы.

Тепловизор видит не свет, а тепло. Он видит нагретый двигатель дрона на фоне холодного неба. Он видит цель в полной темноте, в тумане, в дыму. Российские разработки уже включают нейросетевые алгоритмы для автоматического обнаружения, распознавания и сопровождения объектов как в дневном (телевизионная камера), так и в круглосуточном (тепловизионный канал) режимах.

Охлаждаемые тепловизионные модули позволяют работать в тёмное время суток и в плохих погодных условиях. Современные пассивные мобильные системы, сочетающие телевизионную камеру сверхконтрастного типа и тепловизор,

способны обнаруживать дроны на дальности до 8,5 км.

Но даже самая совершенная оптика не видит сквозь стену. Не видит за горизонтом. Не видит в густом тумане. И главное — она пассивна. Она ждёт, пока цель попадёт в поле зрения. Она не «сканирует» пространство активно, как радар.

Поэтому оптика и тепловизоры — это второй слой. Слой подтверждения. Слой классификации. Но не слой первичного обнаружения.

Акустические системы («Атака-Шорох»): пассивное прослушивание

А теперь я расскажу вам о самой недооценённой, самой элегантной и, возможно, самой важной технологии в этой главе.

Акустические системы.

Они не излучают. Они не светят. Они не сканируют. Они просто слушают.

Представьте себе: дрон летит в режиме радиомолчания. Он не передаёт сигналы. Он не отражает радарные волны. Он невидим для РЛС. Он невидим для оптики в темноте. Но он издаёт звук. Характерный, узнаваемый звук винтов, рассекающих воздух.

Акустическая система слышит этот звук за сотни метров. Она определяет направление. Она классифицирует тип дрона по его акустическому «почерку». Она поднимает тревогу

ещё до того, как дрон появится в поле зрения радара или камеры.

Российский модуль акустической разведки «Атака-Шорох» — один из ярчайших примеров этой технологии. Модуль оснащён сверхчувствительными микрофонами и интеллектуальной системой анализа внешней обстановки. Он способен обнаруживать летящие в режиме радиомолчания беспилотники по звуку на расстоянии от 150 до 500 метров.

Но «Атака-Шорох» — это только начало. Исследователи по всему миру работают над акустическими системами, использующими глубокое обучение для распознавания дронов. Нейросети, обученные на мел-спектрограммах (Mel-Frequency Spectrograms), достигают точности обнаружения 98,23% и точности идентификации 95,39%. В пожарной академии МЧС России разработали систему, которая определяет траекторию БПЛА по звуку, обрабатывая данные за 100 мс и классифицируя их с надёжностью 85% на расстоянии 5–7 км.

Акустика — это единственный способ обнаружить оптоволоконные и полностью автономные дроны, которые не излучают радиосигналов. Это пассивные «уши» системы, которые работают там, где слепнут глаза и радары.

Но у акустики есть свои ограничения. Она зависит от фонового шума. В городе, на улице с интенсивным движением, она может «оглохнуть». Она не видит дрон, который завис и не движется. Она не определяет точное расстояние — толь-

ко направление и примерную дальность.

Поэтому акустика — это третий слой. Слой, который закрывает самую опасную брешь: дроны в режиме радиомолчания.

RF-сканеры: анализ радиочастотного спектра

Теперь представьте себе, что вы не слушаете и не смотрите. Вы анализируете электромагнитный спектр.

Каждый дрон, который управляется по радио, излучает сигналы. Сигналы управления. Сигналы телеметрии. Сигналы GPS. Сигналы видеопередачи. Эти сигналы имеют свои частоты, свои модуляции, свои «почерки».

RF-сканер — это устройство, которое ловит эти сигналы. Которое анализирует спектр. Которое ищет аномалии — неожиданные передачи на частотах, где их быть не должно.

И здесь, как и в других модальностях, на сцену выходит искусственный интеллект.

Современные системы используют глубокое обучение для классификации сигналов дронов на основе их спектрограмм. Трансформерные модели обеспечивают надёжную классификацию сигналов даже в условиях помех, загруженности спектра и конкурентной радиоэлектронной обстановки.

Методы радиочастотной «отпечатки» (RF fingerprinting) позволяют не просто обнаружить наличие дрона, но и идентифицировать его модель — с точностью до 84,7% для четы-

рѣх классов дронов. Это значит, что система может сказать: «Это не просто дрон. Это DJI Mavic 3. Это не просто сигнал. Это сигнал управления с вероятностью 92%».

Но у RF-сканеров есть фундаментальное ограничение: они бесполезны против дронов без радиосигнала.

Оптоволоконные дроны не излучают. Автономные дроны с машинным зрением не излучают. Дроны в режиме радиомолчания не излучают. RF-сканер видит только тех, кто «говорит». А противник, как мы знаем, учится молчать.

Поэтому RF-сканеры — это четвёртый слой. Слой, который работает против «болтливых» дронов. Но который бесполезен против «молчаливых».

Мультисенсорное слияние и роль искусственного интеллекта

Теперь я подхожу к самому важному. К тому, что превращает разрозненные «глаза», «уши» и «сканеры» в единую, живую систему.

Мультисенсорное слияние.

Каждый сенсор, о котором я рассказал, видит только часть реальности. Радар видит далеко, но слеп на малых высотах. Оптика даёт картинку, но зависит от погоды. Акустика слышит молчаливых, но глуха в шуме. RF-сканер анализирует сигналы, но бесполезен против оптоволокна.

По отдельности они уязвимы. Вместе — они непобедимы.

Искусственный интеллект становится тем «разумом», который интегрирует данные со всех сенсоров в единую картину. Это не просто «сложение» данных. Это слияние на уровне принятия решений.

Системы вроде DroneShield's SensorFusionAI используют проприетарный ИИ-движок, который в реальном времени интегрирует и анализирует входные данные от каждого сенсора. Калидус Damita — «первая в мире интегрированная система против дронов на основе ИИ, использующая технологию мультисенсорного слияния для обнаружения, классификации и перехвата в реальном времени».

Но самое впечатляющее — это технология Edge AI, которая переносит интеллект непосредственно на передовую.

Израильская система ForceField от Axon Vision — ярчайший пример. Она использует пассивные электрооптические датчики в сочетании с Edge AI для обнаружения, анализа и управления перехватом целей. Обработка данных происходит непосредственно на борту защищаемой машины, а не в «облаке». Это даёт два критических преимущества:

Минимальная задержка. Решение принимается мгновенно — жизненно важно при атаке высокоскоростных FPV-дронов.

Независимость от связи. Система продолжает работать даже в условиях интенсивной РЭБ, когда каналы связи с внешним миром полностью подавлены.

ForceField спроектирована с открытой архитектурой, что

позволяет интегрировать различные методы перехвата. Это не просто система обнаружения. Это платформа, которая «обнаруживает и автоматически уничтожает цели в мгновение ока».

Я хочу, чтобы вы поняли одну вещь.

Мультисенсорное слияние — это не просто «технология». Это философия. Это признание того, что ни один сенсор не совершенен. Что любая система, полагающаяся на один источник данных, обречена. Что только совместная работа всех «чувств» создаёт полную картину.

ИИ в этой системе — не замена человеку. Он — интеллектуальный фильтр. Он обрабатывает тысячи потоков данных, которые человек не в состоянии осмыслить. Он выявляет паттерны, которые человек не в состоянии заметить. Он принимает решения за доли секунды, которые человек не в состоянии принять.

Но финальное слово — за человеком. Пока.

Потому что, как я уже говорил в предыдущей главе, гонка ускоряется. И системы, которые сегодня требуют участия человека, завтра будут принимать решения самостоятельно. Не потому что мы этого хотим. А потому что скорость войны требует этого.

В 2026 году мы стоим на пороге новой эры. Эры, где сенсорная основа системы ПВО будет не просто «видеть» и «слышать». Она будет понимать. Понимать намерения противника. Понимать тактику. Понимать угрозы ещё до того,

как они материализуются.

И в этой новой эре побеждает не тот, у кого больше радаров или камер. А тот, у кого умнее система, которая их объединяет.

Добро пожаловать в мир, где небо говорит на языке данных.

Добро пожаловать в мир, где каждый дрон оставляет след — в радиочастотном спектре, в акустической волне, в тепловом излучении.

Добро пожаловать в мир, где ИИ учится читать эти следы быстрее, чем противник успевает их скрыть.

Часть III. Радиоэлектронная борьба (РЭБ): первый щит и его крушение

Я помню, как в 2022 году мы все думали, что нашли ответ. РЭБ казалась идеальным решением. Дешёвым. Элегантным. Бескровным. Ты не сбиваешь дрон — ты просто отнимаешь у него возможность лететь. Ты не убиваешь пилота — потому что пилота нет. Ты просто создаёшь «цифровой купол», и дрон, лишённый сигнала, либо падает, либо зависает в растерянности.

Это работало. Какое-то время.

А потом противник оказался умнее.

Они перешли на новые частоты. Они научились прыгать по каналам. Они протянули оптоволоконный кабель и сделали РЭБ бесполезной. Они встроили в дроны машинное зрение и отправили их в автономный полёт, где им больше не нужен был ни оператор, ни GPS, ни радиосигнал.

РЭБ не умерла. Она эволюционировала. Но история её крушения — это история о том, как быстро адаптируется противник. И о том, как опасно верить в «серебряную пулю».

«Цифровые купола»: глушение сигналов управления и навигации

В начале войны с дронами РЭБ была королевой поля боя.

Принцип был прост и гениален: коммерческие дроны, которые составляли основу вражеского парка в 2022–2023 годах, работали на стандартных частотах — 2,4 ГГц и 5,8 ГГц. Они полагались на GPS для навигации. Они нуждались в постоянной связи с оператором. Перережь эту связь — и дрон превращается в беспомощный кусок пластика.

Так появились «цифровые купола». Системы, которые создавали вокруг защищаемого объекта невидимую стену, внутри которой сигналы управления и навигации просто переставали существовать.

Российский комплекс «СЕРП» — один из ярчайших примеров. Это не просто глушилка. Это комбинированная система, совмещающая в себе комплекс РЭБ и высокоточный детектор, способный обнаруживать даже FPV-дроны. Обновлённая версия «СЕРПа» позволяет эффективно подавлять практически «неубиваемые» при помощи РЭБ аппараты.

«Двина-100М» пошла ещё дальше. Этот комплекс, предназначенный для защиты крупных предприятий и объектов критической инфраструктуры, способен подавлять сигналы управления БПЛА, создавая защитный купол диаметром в

несколько сотен метров. Дальность подавления составляет не менее полутора километров.

А «Омут» обеспечивает купол диаметром 400 метров для защиты от беспилотников. Система подавляет каналы связи и управления на расстоянии до 400 метров, в зависимости от ландшафта.

Эти системы работали. Они работают до сих пор — против тех дронов, которые всё ещё «говорят» по радио. Но война, как я уже говорил, — это гонка адаптаций. И противник адаптировался.

Эволюция обхода РЭБ: новые частоты, ППРЧ, оптоволокно

Первым ответом противника на «цифровые купола» было изменение частот.

Вместо стандартных 2,4 и 5,8 ГГц дроны начали использовать более широкий спектр. Менее загруженные частоты. Частоты, которые сложнее заглушить. Частоты, которые не перекрываются стандартными РЭБ-системами.

За этим последовала псевдослучайная перестройка рабочей частоты (ППРЧ). Дрон и оператор синхронизируются и «прыгают» по частотам в заранее определённой, но внешне случайной последовательности. Глушилка, которая работает на одной частоте, становится бесполезной. Чтобы заглушить такой дрон, нужно либо знать последовательность прыжков,

либо обладать достаточно мощным широкополосным подавлением, которое «зальёт» весь спектр. А это требует колоссальной энергии.

Операторы российских дронов пошли ещё дальше. В сентябре 2025 года стало известно, что они разработали для ударных дронов «Молния-2» специальную прошивку, позволяющую обманывать средства РЭБ противника. Это уже не просто «смена частоты». Это активный обман — дрон ведёт себя так, чтобы системы РЭБ не могли его захватить.

Но самым радикальным шагом стало оптоволокно.

Вместо того чтобы бороться с РЭБ на её поле — в радиочастотном спектре, — противник просто ушёл с этого поля. Он убрал радио. Он заменил его физическим кабелем. И РЭБ, которая была создана для борьбы с радиосигналами, оказалась беспомощной.

Оптоволоконные дроны («Князь Вандал») — физический кабель как вызов

Я хочу, чтобы вы на секунду представили себе эту картину.

Дрон взлетает. За ним тянется тончайшая нить оптоволоконка. 20 километров. 30 километров. 35 километров. катушка разматывается за дроном, как леска за рыболовным крючком. По этому кабелю идут сигналы управления. По этому кабелю идёт видео с камеры — идеальное качество,

без помех, без задержек.

И никакая РЭБ не может этот сигнал заглушить. Потому что сигнала в эфире нет.

Это — «Князь Вандал».

Российский оптоволоконный FPV-дрон, который стал одним из главных орудий для уничтожения бронетехники. Его ключевая особенность — полная неуязвимость к средствам РЭБ. «Однозначно, "Князь Вандал" на оптоволоке. Никакие системы РЭБ на него не действуют», — сказал военный эксперт Стешин.

Дрон не может быть обнаружен средствами радиоэлектронной разведки. Он не излучает. Он молчит. Оператора можно лишить управления, только если перерезать кабель. Но попробуйте перерезать нить, которая тянется за дроном на высоте и на скорости. Попробуйте.

К 2026 году «Князь Вандал» эволюционировал. Появилась модификация КВН-35, способная доставлять боевую часть массой 3 кг на расстояние до 35 км. В конфигурации с катушкой на 23 км полезная нагрузка увеличивается до 5 кг. Войска уже получают обновлённые версии с катушкой на 30 километров.

Доля таких дронов на некоторых участках фронта достигла 60%. Это не просто новый дрон. Это новая философия. Философия, которая говорит: «Убери радио, и тебя нельзя будет заглушить».

И это работает. РЭБ против таких дронов бесполезна.

Украинские комплексы РЭБ оказались беспомощны против «Князя Вандаля». НАТО потеряло технику на сотни миллионов долларов. Потому что их системы были созданы для другого мира — мира, где дроны «говорят».

Автономные дроны с машинным зрением: независимость от радиосигнала

Оптоволокно решило проблему РЭБ, но создало новую: дрон привязан к кабелю. Он не может лететь дальше, чем позволяет катушка. Он не может маневрировать так, чтобы не запутать кабель. Он ограничен.

Следующий шаг эволюции — убрать не только радио, но и оператора. Убрать человека из цикла управления. Сделать дрон полностью автономным.

Машинное зрение — это технология, которая позволяет дрону видеть мир, анализировать его и принимать решения без участия человека. Дрон сам находит цель. Дрон сам захватывает её. Дрон сам атакует.

Ему не нужен GPS — он ориентируется по визуальным ориентирам. Ему не нужна связь с оператором — он действует по заложенному алгоритму. Ему не нужен радиосигнал — он вообще не излучает.

Российский «Свод», украинский TFL-1, американский Auterion Skynode S — все эти системы используют машинное зрение для автономного поражения целей. Переход от

«человек в цикле» (оператор подтверждает атаку) к «человек над циклом» (оператор ставит задачу, ИИ действует сам) — это не просто техническое усовершенствование. Это смена парадигмы.

Дрон больше не боится потери сигнала. Потому что сигнал ему не нужен.

И это ставит перед РЭБ новый, ещё более сложный вызов. Если дрон не нуждается в радио для навигации и управления — что вы будете глушить? Что вы будете подавлять? Вы можете заглушить GPS. Вы можете заглушить канал управления. Но вы не можете заглушить глаза дрона. Вы не можете заглушить его мозг.

Современная РЭБ: спуфинг, кибератаки, СВЧ-оружие

И вот мы подходим к самому интересному. К тому, как РЭБ отвечает на эти вызовы.

Потому что РЭБ не умерла. Она эволюционировала. И современная РЭБ — это уже не просто «глушилка». Это интеллектуальная экосистема, которая включает в себя три новых измерения.

Спуфинг: обман вместо подавления

Зачем глушить сигнал, если можно его подменить?

Спуфинг — это метод, при котором система РЭБ не подавляет сигнал GPS, а создаёт фальшивый. Поддельный. Ко-

торый выглядит как настоящий, но ведёт дрон совсем не туда, куда нужно.

Американская компания DZYNE Technologies представила антидроновую винтовку DroneBuster, которая не глушит беспилотник, а берёт его под контроль. Она создаёт фальшивый GPS-сигнал, который становится более привлекательным для приёмника дрона, чем настоящие спутники на орбите.

В Калининграде работает передатчик, который своим излучением полностью подавляет GPS-систему беспилотника. Дрон начинает ориентироваться по поддельному сигналу — и улетает совсем не туда, куда планировал.

Спуфинг — это элегантное решение. Ты не уничтожаешь дрон. Ты просто заставляешь его думать, что он летит к цели, тогда как на самом деле он летит в ловушку. Или на свой же склад. Или в соседнюю страну.

Кибератаки: взлом в воздухе

Если дрон — это «летающий компьютер», то почему бы не взломать его?

Кибератаки на дроны — это уже реальность. Системы вроде D-Fend EnforceAir PLUS используют ИИ-усиленный кибер-перехват для безопасного взятия управления дроном на себя. Это не глушение. Это захват. Ты не отключаешь дрон — ты становишься его новым оператором.

Представьте себе: вражеский дрон летит к вашей позиции. Вместо того чтобы сбивать его, вы просто «перехватываете»

управление. Дрон разворачивается и летит обратно. Или садится там, где вы хотите. Или атакует своих же.

Кибератаки требуют глубокого понимания архитектуры дрона, его прошивки, его уязвимостей. Но когда они работают — они работают идеально. Бескровно. Экономически эффективно.

СВЧ-оружие: невидимый молот

А теперь — самое футуристическое. Самое впечатляющее. Самое страшное.

СВЧ-оружие (микроволновое оружие) — это система, которая излучает мощный электромагнитный импульс. Этот импульс не глушит сигналы. Он не обманывает навигацию. Он просто выжигает электронику дрона.

Американская компания Epirus создала систему Leonidas. В сентябре 2025 года на испытаниях Leonidas одним импульсом вывела из строя 49 дронов. На других тестах система сбила 61 беспилотник.

Leonidas использует мощные микроволны, выжигая электронику дронов. Принцип работы — микроволны на определённой частоте выводят из строя электронику устройства. И при этом не приходится искать способ перерезания оптоволокну.

В декабре 2025 года Leonidas успешно продемонстрировала способность выводить из строя оптоволоконные дроны. Даже «Князь Вандал» оказался уязвим — не потому что его сигнал можно заглушить, а потому что его электронику мож-

но сжечь.

Британские военные тоже провели успешные испытания микроволнового оружия, способного поражать дроны на расстоянии до 1 км. Китай показал своё микроволновое оружие на параде.

СВЧ-оружие — это «невидимый молот» против роёв. Один импульс — и десятки дронов падают с неба, их электроника превращена в бесполезный металлолом. Это не глушение. Это уничтожение. Массовое. Мгновенное. Неотвратимое.

Я хочу, чтобы вы поняли одну вещь.

РЭБ не умерла. Она не стала бесполезной. Но она перестала быть «серебряной пулей».

Сегодняшняя РЭБ — это не одна технология. Это экосистема. Глушение для «болтливых» дронов. Спуфинг для тех, кто полагается на GPS. Кибератаки для тех, у кого есть уязвимости. СВЧ-импульсы для роёв и оптоволоконных аппаратов.

И в центре этой экосистемы — искусственный интеллект. Потому что человек не может управлять такой сложностью. Человек не может решить за миллисекунды, какой метод применить. Человек не может анализировать тысячи сигналов одновременно.

ИИ может.

ИИ анализирует спектр. ИИ определяет тип дрона. ИИ выбирает оптимальный метод противодействия — глуше-

ние, спуфинг, кибератака или СВЧ-импульс. ИИ делает это за доли секунды.

Потому что, как я уже говорил, побеждает не тот, у кого самая сложная технология. Побеждает тот, у кого самая высокая скорость адаптации.

И в мире, где оптоволоконные дроны делают РЭБ бесполезной, а СВЧ-оружие делает оптоволокно бесполезным, единственный способ выжить — это быть готовым меняться быстрее, чем противник успевает придумать следующий обход.

Добро пожаловать в мир, где радио — это прошлое.

Добро пожаловать в мир, где оптоволокно — это настоящее.

Добро пожаловать в мир, где СВЧ-импульс — это будущее.

И добро пожаловать в мир, где всё это устареет быстрее, чем вы успеете это прочитать.

Часть IV. Кинетические методы и «последний рубеж»

Знаете, в чём самая большая ирония всей этой истории?

Мы создали лазеры, способные выжигать электронику за полсекунды. Мы построили «цифровые купола», глушащие сигналы на километры вокруг. Мы научили нейросети видеть дрон за 6,6 миллисекунды.

А иногда лучший способ сбить дрон — это просто выстрелить в него дробью.

Я не шучу. И я не преуменьшаю значение высоких технологий. Но есть одна вещь, которую я усвоил за годы изучения этой войны: когда РЭБ бессильна, когда лазер бесполезен из-за тумана, когда ИИ дал сбой — вступает физика. Старая добрая кинетика. Пуля, дробь, таран, удар.

Это «последний рубеж». И он не менее важен, чем все «цифровые купола» вместе взятые.

Стрелковое оружие и специализированные патроны («Многоточие», IGLA 100)

Начнём с самого простого. С того, что лежит в руках у каждого солдата.

Обычная пуля — это точка. А цель — маленькая и быст-

рая. Попасть в FPV-дрон, который летит со скоростью 100 км/ч и маневрирует, из обычного автомата — задача, граничащая с чудом. Вероятность попадания ничтожно мала.

Поэтому инженеры пошли другим путём. Они решили: вместо одной точки — создадим «сетку» поражения.

Так родились специализированные антидроновые патроны. И здесь российская оборонная промышленность совершила настоящий прорыв.

IGLA 100 — это патрон 12-го калибра, который содержит сверхтвёрдую дробь массой 42 грамма на основе сплава вольфрама, никеля и железа. Плотность этого сплава в 1,5 раза больше, чем у свинца. Что это значит на практике? Дробь летит дальше. Дробь бьёт сильнее. Дробь пробивает то, что свинец не возьмёт.

«Дробь патрона пробивает двигатели, блоки управления, перебивает провода и пропеллеры, ломает другие прочные элементы конструкции БПЛА», — рассказали в Ростехе. Это не просто «остановить» дрон. Это разрушить его. Вывести из строя ключевые компоненты.

Серийное производство IGLA 100 началось в 2024 году. К 2026 году патроны уже активно поставляются в войска и применяются в боевых условиях для поражения беспилотников на дистанции до 100 метров. IGLA 100 показывает кучность, достаточную для поражения компактных целей типа FPV-дрона.

Но IGLA 100 — не единственная разработка. Есть ещё

«Многоточие» — патрон с разделяющейся пулей, которая в полёте распадается на несколько фрагментов, создавая то самое «облако поражения». Есть и другие разработки, которые пока остаются засекреченными.

И знаете, что самое важное в этих патронах? Они работают там, где РЭБ бессильна. Оптиковолоконный дрон? Не проблема. Автономный дрон с ИИ? Не проблема. Пуля не спрашивает, есть ли у дрона радиосигнал. Пуля просто летит.

Дроны-перехватчики: таран, шестовые ловушки, «аркан»

А теперь — самое красивое. Самое дерзкое. Самое эффективное с экономической точки зрения.

Дроны-перехватчики.

Идея проста до гениальности: вместо того чтобы сбивать вражеский дрон дорогой ракетой, отправьте на перехват такой же дешёвый дрон. Пусть они встретятся в небе. Пусть один уничтожит другого.

И здесь есть несколько подходов. Каждый — со своей философией, со своей экономикой, со своей эффективностью.

Таран

Самый прямой метод. Самый простой. Самый... варварский, если хотите.

Дрон-перехватчик просто врежется во вражеский дрон. Кинетический удар. Столкновение в воздухе. Оба падают.

Российская «Виверна-Коготь» — скоростной дрон-перехватчик, уничтожающий воздушные цели тараном. «Ростех» начал серийное производство контроллеров «Стая орлов» для двигателей таких перехватчиков.

Американский Tytan объединяет систему обнаружения на основе ИИ и кинетический принцип перехвата. Дрон не взрывается, а таранит цель.

Белоруссия показала переносной перехватчик с боевой частью до 3 кг.

Но самый впечатляющий пример — российская «Ёлка». Благодаря множеству датчиков «Ёлка» сама способна настигнуть цель и сбить её таранным способом. Она поражает как малые мультироторные агрокоптеры и FPV-дроны, так и тяжелые ударные БПЛА весом от 150 до 1000 кг. Представьте себе: маленький перехватчик таранит дрон весом в тонну. И побеждает.

Шестовые ловушки

А теперь — ещё более элегантное решение.

Вместо того чтобы уничтожать оба дрона, зачем не сохранить свой?

Российские войска начали активно использовать многоразовые перехватчики с шестами. Они оснащены длинным шестом, который повреждает винт БПЛА. Сам же перехватчик остаётся целым и возвращается к операторам для повторного запуска.

Один перехватчик. Много вылетов. Один повреждённый

винт — и вражеский дрон падает. А ваш возвращается домой.

Экономика? Бесподобная.

«Аркан»

И наконец — моя любимая история. История, которая звучит как легенда, но это чистая правда.

«Аркан» — это верёвка с гайкой на конце. Да, вы не ослышались. Простая верёвка с грузом. Её запускают с дрона-перехватчика. Она летит, обматывается вокруг винта вражеского дрона — и тот падает.

Звучит нелепо? Звучит как оружие каменного века в эпоху ИИ?

А теперь послушайте цифру: один боец с «арканом» сбил 1500 дронов.

1500. Один человек. Одна верёвка.

Это абсолютная победа экономики войны. Это доказательство того, что иногда самые эффективные решения — самые простые. Это возвращение к истокам, к народной смекалке, к тому, что я называю «инженерным гением отчаяния».

Дробовики как рубеж ближней обороны

А теперь — о самом последнем рубеже. О том моменте, когда дрон уже слишком близко. Когда РЭБ уже не поможет. Когда перехватчик не успеет.

Дробовик.

Я знаю, это звучит архаично. В эпоху лазеров и нейросетей — дробовик. Но вспомните: дробовик — это то же самое, что специализированный антидроновый патрон, только в руках у солдата. Это мобильность. Это мгновенная реакция. Это возможность стрелять туда, куда не долетит ракета.

Итальянское Benelli M4 AI Drone Guardian — гладкоствольное самозарядное ружьё 12-го калибра, созданное на базе легендарной платформы Benelli M4. Эффективная дальность стрельбы по беспилотникам составляет 50 метров, максимальная — больше.

Главное новшество — 22-дюймовый ствол Tribore HP с трёхступенчатым внутренним профилем. Он обеспечивает лучшую кучность и дальность. Лучше всего ружьё работает со стальной и вольфрамовой дробью, которые показывают лучшие результаты в борьбе с FPV-дронами.

Fabarm STF/12 — ещё один тактический дробовик, который долгое время был самым узнаваемым в своём классе.

Бельгийские военные уже используют Benelli для защиты авиабаз от дронов. В России тоже понимают важность этого оружия: в приоритете 12-й калибр как самый распространённый и универсальный, позволяющий разместить в патроне значительный заряд картечи.

Дробовик — это не замена системе ПВО. Это её дополнение. Это «последний шанс». Это оружие для тех ситуаций, когда всё остальное уже не работает. И оно работает.

Экономическая эффективность кинетических средств

И теперь — о главном. О том, что связывает все эти методы в единую систему.

Экономика.

Помните, я говорил в первой части об «экономике безумия»? О том, как сбивать дрон за \$400 ракетой за \$2 миллиона — это стратегическое самоубийство?

Кинетические методы — это ответ на это безумие.

Стоимость одного перехвата традиционными средствами ПВО может превышать \$500,000. А стоимость патрона IGLA 100? Несколько долларов. Стоимость вылета дрона-перехватчика? От \$1,500 до \$4,000. Стоимость «аркана»? Копейки.

Исследования показывают, что стоимость перехвата варьируется более чем на пять порядков в зависимости от типа системы. Лазеры и кинетические системы на основе стрелкового оружия демонстрируют стабильно выгодные коэффициенты обмена против массовых угроз дронов.

Программа SBIR США ставит целью создание перехватчиков со стоимостью одного поражения менее \$6,000 и эффективной дальностью не менее 800 метров. Потому что, как отмечается в том же документе, «стрельба перехватчиками за \$30,000 по коммерческим дронам за \$500 финансо-

во несостоятельна, особенно против массовых или роевых тактик».

Российское «Изделие 545» — индивидуальный кинетический перехватчик дронов — отличается низкой себестоимостью по сравнению с дорогостоящими комплексами ПВО. И, что критически важно, кинетический метод не зависит от электронной контратаки или помехоустойчивых протоколов связи дронов.

«Алмаз-Антей» запатентовал кинетическую ракету для борьбы с дронами, прямо указав, что «применение дорогостоящих зенитных ракет для их перехвата является экономически и тактически неэффективным выбором». Их цель — «переход от простого реагирования на угрозу к её экономически эффективной нейтрализации, где стоимость перехвата становится несоизмеримо ниже стоимости уничтожаемой цели».

И это ключевая мысль, которую я хочу, чтобы вы запомнили.

Кинетические методы — это не «откат назад». Это стратегический выбор.

Да, лазеры и СВЧ-оружие — это будущее. Но будущее, которое пока не всегда доступно. Которое зависит от погоды. Которое требует колоссальных инвестиций.

А кинетика — это здесь и сейчас. Это патрон, который можно произвести на любом заводе. Это дрон, который можно собрать в полевых условиях. Это верёвка с гайкой, кото-

рую может сделать любой солдат.

И в мире, где побеждает не супер-оружие, а адаптивная система, кинетические методы остаются незаменимым эшелонем обороны. Тем самым «последним рубежом», который не подведёт, когда всё остальное уже не работает.

Я хочу, чтобы вы поняли одну вещь.

В этой книге я много говорю об ИИ. О генеративных нейросетях. О цифровых куполах. О мультисенсорном слиянии.

Но я никогда не забываю о кинетике. Потому что кинетика — это фундамент. Это то, что остаётся, когда технологии подводят. Это то, что работает всегда. Это то, что не зависит от погоды, от частот, от протоколов, от хитростей противника.

Пуля всегда долетит. Дробь всегда покрывает площадь. Танк всегда сработает.

И в мире, где дроны становятся умнее, быстрее и неуловимее, иногда самое умное решение — это вернуться к самым простым вещам.

Добро пожаловать в мир, где лазеры выжигают электронику за полсекунды.

Добро пожаловать в мир, где верёвка с гайкой сбивает 1500 дронов.

Добро пожаловать в мир, где пуля всё ещё правит бал.

И добро пожаловать в мир, где «последний рубеж» никогда не исчезнет.

Часть V. Пассивная защита и нетрадиционные решения

Знаете, что я понял за годы изучения этой войны?

Чем сложнее становится оружие, тем проще должны быть средства защиты от него. Чем умнее становится противник, тем более очевидными должны быть наши ответы.

Звучит парадоксально, правда? Мы только что говорили о лазерах, выжигающих электронику за полсекунды. О нейросетях, принимающих решения за 6,6 миллисекунды. О СВЧ-импульсах, уничтожающих рои дронов одним ударом.

А теперь я хочу поговорить о решётках. О сетях. О собаках и птицах.

Потому что иногда самые эффективные решения — самые простые. Иногда лучший способ защититься от дрона — это не сбивать его, а не дать ему поразить цель. Иногда лучший способ обнаружить дрон — это не радар, а слух собаки. Иногда лучший способ перехватить дрон — это не ракета, а когти орла.

Это не отказ от технологий. Это дополнение к ним. Это признание того, что война с дронами — это война систем, а не отдельных устройств. И в этой системе есть место для всего — от искусственного интеллекта до биологических методов, от лазеров до верёвок с гайками.

«Мангалы» и решётчатые экраны на бронетехнике

Я помню, как в 2022 году западные эксперты смеялись над российскими танками, на которые были установлены странные металлические конструкции. Они называли их «мангалами». Они считали это признаком отчаяния, признаком того, что Россия не может защитить свою технику.

Они ошибались.

«Мангал» — это навес из металлических решёток, который монтируется поверх бронетехники для защиты от поражающих элементов сверху. Простая конструкция. Дешёвая. Эффективная.

Принцип работы гениален в своей простоте: дрон-камикадзе атакует танк сверху — в крышу башни, где броня тоньше всего. «Мангал» создаёт дополнительный барьер. Дрон взрывается на решётке, а не на броне. Энергия взрыва рассеивается. Кумулятивная струя теряет свою пробивную силу. Танк остаётся целым.

«Защищаем танк обустройством "мангала" на нём. Очень помогает для защиты от FPV-дронов противника», — рассказал боец ВС РФ.

К началу 2026 года российские танки Т-90М, Т-80БВМ и Т-72Б3М получили заводские пассивные элементы защиты — уже не кустарные конструкции, а серийные решения.

Решётчатые экраны, прикрывающие уязвимые зоны от дронов-камикадзе. Местные умельцы пошли ещё дальше: устанавливают вокруг башни дополнительные модули динамической защиты и «веники» — чтобы дрон-камикадзе завяз в них, не добравшись до брони.

Но эволюция продолжается. В июле 2026 года в России запатентовали вращающийся «зонтик» для защиты техники от FPV-дронов. Устройство выбрасывает преграду перед дроном во время приближения, создавая динамический барьер.

И не только на суше. Российский военно-морской флот начал защищать корабли от украинских дронов теми же «мангалами» — металлическими навесами, которые до этого ставили на танки. На Черноморском флоте устанавливают металлические сетчатые конструкции, закреплённые на корпусе.

Армия обороны Израиля тоже рассматривает возможность усиления защиты танков конструкциями «мангал» в случае усиления применения FPV-дронов со стороны ливанского движения «Хезболлах». Идея оказалась настолько эффективной, что её переняли по всему миру.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.