



А.К. Тогусов¹, Е.Ж. Жантлесов², Е. Сеитов³

¹Department of Military Education and Science of the Ministry of Defense of the Republic of Kazakhstan, Астана, Казахстан

²R&D Center LLP "Kazakhstan Engineering", Астана, Казахстан

³National Defense University of the Republic of Kazakhstan,
Астана, Казахстан

E-mail: tak_70@mail.ru

СЕТЕВЫЕ ЛОВУШКИ С ОПТИКО-ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БРОНЕТЕХНИКИ ОТ FPV-ДРОНОВ

Аннотация. Статья посвящена проблеме повышения точности и скорости определения момента активации исполнительных механизмов кинетических систем защиты ближнего рубежа (выстреливаемых сетевых ловушек) при нейтрализации высокоскоростных малогабаритных БПЛА и FPV-дронов. Проанализированы ограничения традиционных средств дальнометрирования - активных дальномеров и классических стереосистем 3D-реконструкции, создающих высокую вычислительную задержку и демаскирующих защищаемый объект.

Авторами предложено и запатентовано техническое решение, реализующее событийный принцип управления на основе пассивного оптического анализа. Архитектура устройства основана на формировании четырех пространственно разнесенных представлений сцены на единой светочувствительной матрице с использованием монолитного пассивного оптического элемента. Пространственный параллакс между каналами позволяет определять момент достижения целью зоны поражения как информационное событие, исключая необходимость прямого вычисления абсолютной дальности. Предложенный подход обеспечивает минимальную задержку формирования цифровой команды, полную пассивную скрытность и устойчивость к внешним воздействиям при защите бронеобъектов и инфраструктуры.

Статья опубликована в рамках выполнения научного проекта грантового финансирования на 2025-2027 годы ИРН AR261059/024 «Обоснование конструктивных параметров устройства для защиты бронетанкового вооружения от ударов беспилотных летательных аппаратов и разработка на этой основе тактико-технического задания на его создание» (исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан).

Ключевые слова: сетевая ловушка, перехват БПЛА, защита бронеобъектов, событийное управление, компьютерное зрение,



пространственный параллакс, многоканальная оптика, пассивная ловушка, кинетическая защита.

Введение.

Широкое применение малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), включая FPV-дроны и барражирующие боеприпасы, принципиально изменило характер угроз для бронетехники и стационарных объектов. Высокая скорость, маневренность и малоразмерность подобных целей делают традиционные средства ПВО малоэффективными на ближнем рубеже защиты [1]. В этих условиях особый интерес представляют кинетические метательные системы - выстреливаемые сетевые ловушки, обеспечивающие физическое блокирование несущих винтов и элементов конструкции БПЛА до момента детонации его боевой части.

Однако ключевой научно-технической задачей при создании таких систем остается обеспечение прецизионного момента активации исполнительного механизма. Избыточная задержка или преждевременное раскрытие ловчей структуры приводит к промаху и нейтрализации защитного эффекта.

Традиционные подходы, основанные на активном лазерном или радиолокационном дальнометрировании, обладают высокой вычислительной сложностью, демаскируют защищаемый объект и уязвимы к средствам радиоэлектронного противодействия. Применение же классических стереосистем требует значительных ресурсов для 3D-реконструкции сцены и создает недопустимые задержки обработки данных.

Цель работы - разработка и обоснование пассивного оптико-программного устройства событийного управления, обеспечивающего точный момент выдачи команды на раскрытие сетевой ловушки при защите бронетехники от FPV-дронов.

Задачи исследования.

1. Оценить ограничения традиционных дальномеров и стереосистем при определении момента раскрытия сетевых ловушек для защиты техники от FPV-дронов.
2. Обосновать событийный принцип определения момента выстрела ловушки на основе анализа пространственного параллакса.

Материалы и методы.

В качестве материалов использованы обобщенные данные открытых источников по применению БПЛА и средств защиты военной техники. Исследование базируется на методах пассивного компьютерного зрения и событийного управления, где момент выстрела определяется по пространственному параллаксу с применением алгоритмов сжатия данных. Работа включает анализ существующих аналогов, проектирование 4-канального оптического модуля на одной матрице и разработку методики его пространственной калибровки.



Результаты и обсуждение.

Выстреливаемые сетевые ловушки стали важным элементом кинетической защиты ближнего рубежа. В условиях массового применения FPV-дронов и барражирующих боеприпасов главная задача этих систем - за доли секунды сформировать в воздухе сплошное перехватывающее полотно на пути подлетающего БПЛА.

Физическое блокирование винтов и конструкции дрона позволяет нейтрализовать угрозу до того, как боевая часть успеет детонировать от контакта с броней или объектом.

Многообразие тактических задач привело к формообразованию различных типов кинетических метателей. В зависимости от носителя, дальности и условий применения выстреливаемые ловушки делятся на три ключевые категории [2,3].

1. Мортирные турельные модули (КАЗ для бронетехники).

Монтируются непосредственно на корпус или крышу боевых машин (танки, БМП, БТР) и интегрируются с автоматическими датчиками обнаружения (радары, оптико-электронными системами).

Особенности: обладают минимальным временем срабатывания (считанные миллисекунды). Выстреливаются навстречу атакующему FPV-дрону в автоматическом режиме, когда тот входит в зону гарантированного перехвата.

2. Выстреливаемые модули на дронах-перехватчиках («Воздух-Воздух»).

Устанавливаются на скоростные мультикоптеры-перехватчики для нейтрализации БПЛА противника на дальних подступах.

Особенности: позволяют уничтожить дрон-цель без физического контакта «таранного» типа. За счет этого перехватчик остается невредим и может использоваться повторно.

3. Портативные (ручные) сеткометы.

Автономные устройства для пехоты, мобильных огневых групп и расчетов артиллерии или ПВО.

Особенности: требуют прямого участия оператора и визуального прицеливания. Эффективны преимущественно против зависших или медленно летящих разведчиков/скидывателей, но обладают низкой эффективностью против высокоскоростных FPV-дронов из-за человеческого фактора.

Одним из ключевых факторов успешного перехвата дронов сетевой ловушкой является определение точного момента выдачи команды на исполнительный модуль раскрытия ловчей структуры при защите бронеобъектов.

Традиционные решения в области компьютерного зрения, как правило, ориентированы на восстановление метрических характеристик сцены - вычисление расстояния, координат, глубины или построение трёхмерной модели окружающего пространства. Такие методы, основанные на



классическом стереозрении, многовидовой геометрии или SLAM-алгоритмах, требуют значительных вычислительных ресурсов и не всегда обеспечивают достаточную скорость и устойчивость принятия решений в задачах событийного управления.

В связи с этим актуальной является задача создания программно-технических устройств, реализующих событийный принцип управления, при котором момент выдачи управляющей команды определяется не абсолютным измерением расстояния, а выявлением характерного пространственного соотношения изображений, соответствующего критическому взаимному положению объекта и устройства. Такой подход позволяет существенно упростить вычислительные алгоритмы, снизить задержку обработки и повысить надежность работы системы.

Перспективным направлением решения указанной задачи является использование многоканального пассивного оптического наблюдения, при котором один и тот же объект регистрируется с нескольких пространственно разнесенных позиций, а полученные изображения анализируются совместно. Формирование пространственного параллакса между изображениями позволяет выявлять изменение взаимного положения объекта и устройства без прямого измерения расстояния.

Для реализации указанного подхода авторами запатентовано техническое решение [4], основанное на формировании нескольких пространственно разнесенных представлений сцены на одной светочувствительной матрице камеры с использованием пассивного оптического элемента.

В отличие от классических систем, использующих несколько независимых камер, данное решение обеспечивает компактность, жесткую взаимную геометрию каналов наблюдения и отсутствие необходимости сложной межкамерной синхронизации.

Физико-информационный принцип работы устройства основан на том, что при изменении расстояния до наблюдаемого объекта характер взаимного расположения и совпадения фрагментов изображений, полученных по различным оптическим каналам, изменяется предсказуемым образом. При достижении определенного взаимного положения изображения начинают демонстрировать пространственное совпадение признаков, которое может быть выявлено программными средствами обработки изображений.

В предлагаемом программно-техническом устройстве момент раскрытия ловчей структуры определяется как информационное событие, выявляемое в процессе анализа многоканальных изображений, а не как результат прямого измерения физической величины. Это позволяет реализовать управление исполнительным механизмом с высокой скоростью, воспроизводимостью и устойчивостью к внешним воздействиям, при минимальных вычислительных и энергетических затратах.

Программно-техническое устройство выполнено в виде иерархически связанного комплекса аппаратных и программных модулей, обеспечивающих

формирование, обработку и анализ визуальной информации с последующим формированием управляющей цифровой команды на исполнительный механизм (рисунок 1).



Рисунок 1 - Структурная схема программно-технического устройства

Устройство содержит оптический модуль, предназначенный для формирования входного светового потока от наблюдаемой сцены. Оптический модуль выполнен с возможностью многоканального пространственного формирования изображений и обеспечивает передачу светового потока на светочувствительную матрицу камеры.

Светочувствительная матрица камеры предназначена для одновременной регистрации совокупного изображения, включающего несколько пространственно разнесенных представлений одной и той же сцены. Матрица может быть выполнена на основе CMOS, CCD или иной матричной технологии формирования изображений и служит первичным источником цифровых данных для последующей обработки.

Выход светочувствительной матрицы камеры соединен с вычислительным модулем обработки изображений, выполненным, например, на базе микропроцессора, одноплатного компьютера, графического ускорителя или специализированного встраиваемого вычислительного устройства. Указанный вычислительный модуль предназначен для:

- приема цифрового изображения с матрицы камеры;
- разделения изображения на логические области, соответствующие различным оптическим каналам;
- выделения характерных фрагментов объектов;
- вычисления корреляционных, геометрических и временных признаков между пространственными представлениями.

Вычислительный модуль обработки изображений функционально связан с программным модулем принятия решения, реализованным в виде программного обеспечения, хранимого в энергонезависимой памяти и исполняемого вычислительным модулем. Программный модуль принятия решения предназначен для формирования событийного критерия,



определяющего момент выдачи управляющей цифровой команды, на основе анализа пространственного согласования изображений и/или их фрагментов, полученных по различным оптическим каналам.

При достижении заданного условия программный модуль принятия решения формирует цифровую управляющую команду, которая поступает в модуль формирования управляющего импульса. Указанный модуль предназначен для преобразования цифровой команды в электрический управляющий импульс заданной формы, длительности и энергетических параметров и может включать средства накопления энергии, силовые ключевые элементы и цепи импульсного управления.

Выход модуля формирования управляющего импульса соединен с исполнительным модулем раскрытия ловчей структуры, который реализует физическое раскрытие ловчей структуры в ответ на поступивший управляющий импульс.

Таким образом, программно-техническое устройство реализует последовательную архитектуру «оптическое восприятие → цифровая обработка → программное принятие решения → формирование управляющего импульса → исполнительное воздействие», при этом момент раскрытия ловчей структуры определяется информационным событием, выявляемым в результате программного анализа изображений, а не по абсолютному значению измеряемых физических параметров.

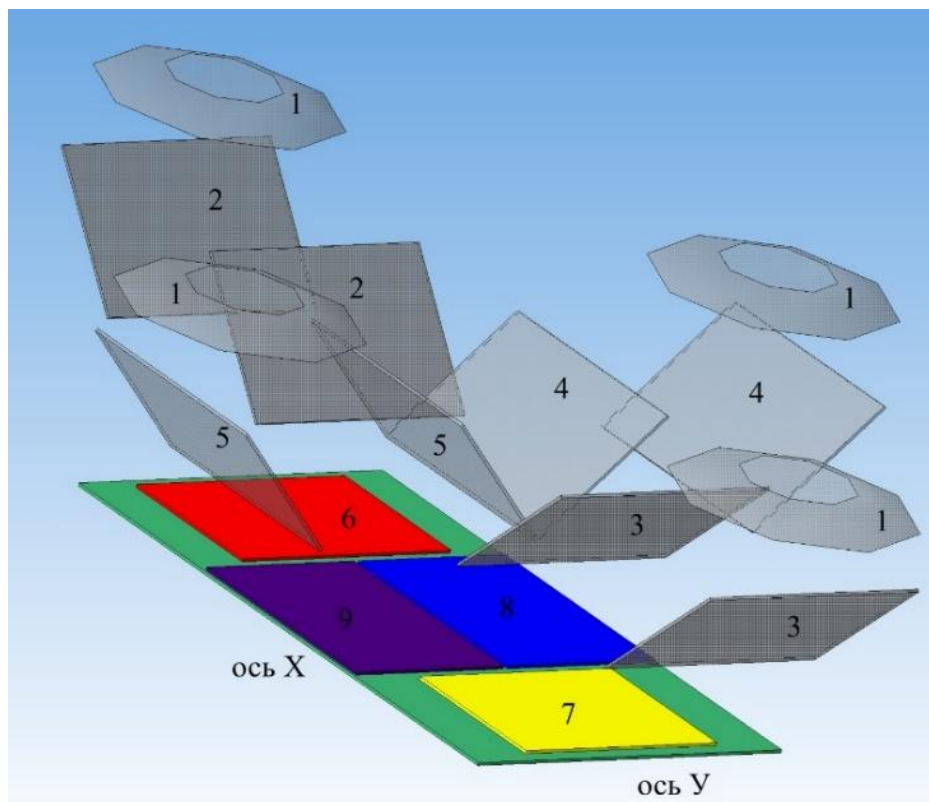
Оптический модуль выполнен с возможностью наблюдения одного и того же объекта с нескольких пространственно разнесенных позиций и формирования соответствующих представлений на одной светочувствительной матрице камеры (рисунок 2).

Оптический модуль включает объектив 1, формирующий входной световой поток от наблюдаемой сцены, и систему отражающих элементов, обеспечивающих пространственное разнесение оптических каналов за счёт перископического эффекта.

Система отражающих элементов выполнена в виде четырех оптических каналов, каждый из которых реализует изменение пространственной позиции наблюдения относительно оптической оси объектива посредством двух последовательно расположенных отражателей. При этом отражатели могут быть выполнены в виде зеркал, призм либо как единый монолитный оптический элемент из прозрачного материала, например оргстекла, с соответствующей геометрией отражающих поверхностей.

Два оптических канала ориентированы вдоль оси X и включают отражающие элементы 2 и 3, реализующие перископическое смещение точки наблюдения в противоположных направлениях вдоль указанной оси.

Два дополнительных оптических канала ориентированы вдоль оси Y и включают отражающие элементы 4 и 5, обеспечивающие аналогичное пространственное смещение точки наблюдения вдоль ортогональной оси.



*1 – объектив, 2, 3 - отражающие элементы вдоль оси X,
4,5 - отражающие элементы вдоль оси Y, 6 - область проекции
изображения, сформированного перископом 1 вдоль оси X, 7 - область
проекции изображения, сформированного перископом 2 вдоль оси X, 8 -
область проекции изображения, сформированного перископом 1 вдоль оси Y,
9 - область проекции изображения, сформированного перископом 2 вдоль оси
Y*

Рисунок 2 - Схема оптического модуля формирования многоканального изображения на одной матрице

В результате прохождения светового потока через указанные перископические оптические каналы формируются четыре пространственно разнесённых представления одной и той же сцены, которые одновременно проецируются на различные области светочувствительной матрицы камеры.

На фигуре показаны соответствующие области проекции изображений:

- а) 6 - область проекции изображения, сформированного перископом 1 вдоль оси X;
- б) 7 - область проекции изображения, сформированного перископом 2 вдоль оси X;
- с) 8 - область проекции изображения, сформированного перископом 1 вдоль оси Y;
- д) 9 - область проекции изображения, сформированного перископом 2 вдоль оси Y.



Таким образом, оптический модуль обеспечивает пассивное многоканальное формирование изображений с различными пространственными позициями наблюдения на одной светочувствительной матрице, что создаёт условия для возникновения пространственного параллакса между соответствующими изображениями и последующего программного анализа их взаимного пространственного согласования.

Работа устройства осуществляется следующим образом.

Пассивный оптический элемент формирует несколько пространственно разнесенных представлений сцены, которые одновременно регистрируются одной светочувствительной матрицей. Полученное изображение поступает в вычислительный модуль, где выполняется разделение изображения на логические области, соответствующие различным оптическим каналам.

В каждом канале выполняется выделение фрагментов изображения, соответствующих потенциальной цели. Далее осуществляется программный анализ совпадения и корреляции указанных фрагментов между каналами.

При достижении заранее заданного критерия пространственного совпадения, соответствующего определенному положению объекта относительно устройства, программный модуль формирует цифровую команду, которая подается в модуль формирования управляющего импульса. Последний инициирует исполнительный модуль раскрытия ловчей структуры.

Заключение.

В представленной работе обоснована целесообразность перехода от традиционных методов метрического измерения дальности к событийному принципу управления в системах защиты объектов от малогабаритных БПЛА.

На основе проведенного исследования и разработки программно-технического комплекса получены следующие ключевые результаты:

1) Разработан и запатентован пассивный оптический модуль, обеспечивающий формирование четырех пространственно разнесенных каналов наблюдения на единой светочувствительной матрице. Данное решение исключает необходимость межкамерной синхронизации, сохраняет жесткую геометрическую калибровку и снижает массогабаритные параметры системы.

2) Сформулирован физико-информационный критерий события, при котором факт достижения объектом зоны гарантированного перехвата определяется по пространственному совпадению и корреляции признаков между парами каналов, а не по абсолютному значению дистанции.

3) Обеспечено снижение вычислительной задержки принятия решения за счет отказа от ресурсоемких алгоритмов построения плотных карт глубины и 3D-моделирования, что принципиально важно для нейтрализации высокоскоростных целей в условиях дефицита времени (доли секунды).



Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет повысить точность, надежность и скрытность функционирования выстреливаемых сетевых ловушек, создавая эффективный пассивный рубеж защиты бронетехники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тогусов А.К., Жантлесов Е.Ж., Беликов К.Л. Концепция многоуровневой интегрированной защиты бронетанкового вооружения и техники от поражающих воздействий беспилотных летательных аппаратов. // Вестник НУО. №1 (март), 2026 г. С. 175-181.
2. Революционную активную защиту танков от дронов придумали в России // WWW1: [сайт]. - 2026. - 30 апреля. - URL: <https://www1.ru/news/2026/04/30/revoliutsionnuiu-aktivnuiu-zashchitu-tankov-ot-dronov-pridumali-v-rossii.html> (дата обращения: 28.07.2026).
3. Средства борьбы с БПЛА [Электронный ресурс] // ГИТ-Холдинг: [сайт]. - URL: <https://git-holding.ru/articles/sredstva-borby-s-bpla/> (дата обращения: 30.07.2026).
4. Патент № 37860 РК, МПК G06T 7/00. Программно-техническое устройство определения момента раскрытия ловчей структуры по результатам многоканального оптического анализа изображений/ А.К. Тогусов, Е.Ж.Жантлесов и др; заявитель и патентовладелец ТОО «R&D центр Казахстан инжиниринг» заявл, 27.12.2025;опубл.27.02.2026, Бюл,№ 8.-9 с.

REFERENCES

1. Togusov A.K., Zhantlesov E.Zh., Belikov K.L. Konceptcija mnogourovnevoj integrirovannoj zashhity bronetankovogo vooruzhenija i tehniki ot porazhajushhih vozdeystvij bespilotnyh letatel'nyh apparatov. // Vestnik NUO. №1 (mart), 2026 g. S. 175-181.
2. Revoljucionnuju aktivnuju zashhitu tankov ot dronov pridumali v Rossii // WWW1: [sajt]. - 2026. - 30 aprelja. - URL: <https://www1.ru/news/2026/04/30/revoliutsionnuiu-aktivnuiu-zashchitu-tankov-ot-dronov-pridumali-v-rossii.html> (data obrashhenija: 28.07.2026).
3. Sredstva bor'by s BPLA [Jelektronnyj resurs] // GIT-Holding: [sajt]. - URL: <https://git-holding.ru/articles/sredstva-borby-s-bpla/> (data obrashhenija: 30.07.2026).
4. Patent № 37860 RK, MPK G06T 7/00. Programmno-tehnicheskoe ustrojstvo opredelenija momenta raskrytija lovchej struktury po rezul'tatam mnogokanal'nogo opticheskogo analiza izobrazhenij/ A.K. Togusov, E.Zh.Zhantlesov i dr; zajavitel' i patentovladelec TOO «R&D centr Kazahstan inzhiniring» zajavl, 27.12.2025;opubl.27.02.2026, Bjul,№ 8.-9 s.



Амангельды Тоғусов, т.ғ.к., профессор, полковник, Department of Military Education and Science of the Ministry of Defense of the Republic of Kazakhstan, Астана, Қазақстан

Ербол Жантлесов, PhD, R&D Center LLP "Kazakhstan Engineering", Астана, Қазақстан

Еркин Сеитов, магистр, National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Астана, Қазақстан

БРОНЕТЕХНИКАНЫ FPV-ДРОНДАРДАН ҚОРҒАУҒА АРНАЛҒАН ОПТИКАЛЫҚ-БАҒДАРЛАМАЛЫҚ БАСҚАРЫЛАТЫН ТОРЛЫ ТҰЗАҚТАР

Аңдатпа. Мақала жоғары жылдамдықты шағын өлшемді ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) мен FPV-дрон дерін жою кезінде жақын шептегі кинетикалық қорғаныс жүйелерінің (атылатын торлы тұзақтардың) атқарушы механизмдерін іске қосу сәтін анықтау дәлдігі мен жылдамдығын арттыру мәселесіне арналған. Есептеу кідірісін арттыратын және қорғалатын объектіні әшкерелейтін дәстүрлі қашықтықты өлшеу құралдарының — белсенді қашықтық өлшегіштер мен 3D-реконструкциялаудың классикалық стереожүйелерінің шектеулері талданды.

Авторлар пассивті оптикалық талдау негізінде оқиғалық басқару принципін іске асыратын патенттелген техникалық шешімді ұсынды. Құрылғының архитектурасы бір пассивті оптикалық элементті пайдалана отырып, бірыңғай жарық сезгіш матрицада сахнаның кеңістіктік жағынан ажыратылған төрт бейнесін қалыптастыруға негізделген. Арналар арасындағы кеңістіктік параллакс абсолютті қашықтықты тікелей есептеу қажеттілігін жоя отырып, нысананың жою аймағына жету сәтін ақпараттық оқиға ретінде анықтауға мүмкіндік береді. Ұсынылған тәсіл цифрлық команданы қалыптастырудың минималды кідірісін, толық пассивті жасырындықты және сауытты объектілер мен инфрақұрылымды қорғауда сыртқы әсерлерге төзімділікті қамтамасыз етеді.

Мақала 2025-2027 жылдарға арналған гранттық қаржыландырумен қаржыландырылған ИРН AR261059/024 «Бронды қаруды ұшқышсыз ұшу аппараттарының шабуылынан қорғау құрылғысының конструктивтік параметрлерін негіздеу және осы негізде оны құрудың тактикалық-техникалық спецификациясын әзірлеу» (зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады).

Түйінді сөздер: торлы тұзақ, ҰҰА ұстап алу, сауытты объектілерді қорғау, оқиғалық басқару, компьютерлік көру, кеңістіктік параллакс, көпарналы оптика, пассивті тұзақ, кинетикалық қорғаныс.



Amangeldy Togusov, candidate of technical sciences, professor, Colonel, Department of Military Education and Science of the Ministry of Defense of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

Yerbol Zhantlesov, PhD, R&D Center LLP "Kazakhstan Engineering", Astana, Kazakhstan

Yerkin Seitov, master, National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

OPTICALLY AND PROGRAMMATICALLY CONTROLLED NET TRAPS FOR ARMORED VEHICLE PROTECTION AGAINST FPV DRONES

Abstract. The article addresses the problem of improving the accuracy and response speed when determining the activation instant for executive mechanisms of short-range kinetic protection systems (net traps) used to neutralize high-speed small-sized UAVs and FPV drones. The limitations of conventional rangefinding equipment—such as active rangefinders and classic 3D reconstruction stereovision systems, which cause significant computational latency and compromise the stealth of protected assets—are analyzed.

The authors propose and present a patented technical solution that implements an event-based control principle based on passive optical analysis. The hardware architecture utilizes a passive monolithic optical element to project four spatially offset representations of the scene onto a single photosensitive sensor. The spatial parallax between channels enables detecting the moment a target enters the engagement zone as an informational event, thereby eliminating the need for direct metric distance calculation. The proposed approach provides minimal digital command generation delay, complete passive stealth, and high operational robustness for armored vehicles and infrastructure defense.

The article was published as part of the implementation of the scientific project for grant funding for 2025-2027 IRN AR261059/024 «Justification of the design parameters of a device for protecting armored weapons from strikes by unmanned aerial vehicles and the development on this basis of a tactical and technical specification for its creation» (the research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan).

Keywords: net trap, UAV interception, armored vehicle protection, event-based control, computer vision, spatial parallax, multi-channel optics, passive sensor, kinetic defense.

Поступила: 12 март 2026 года

Рецензирована: 04 августа 2026 года

Принята: 18 августа 2026 года