

УДК 621.3

Бондарев К.А.

«Математика, информатика и инженерия»

Инженер-испытатель

Россия, г. Мирный

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ БОЕВЫХ БЛОКОВ
ИНДИВИДУАЛЬНОГО НАВЕДЕНИЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ.**

Аннотация: в статье исследуются современные методы и перспективные технологии повышения точности боевых блоков индивидуального наведения ($KBO \leq 10$ м) для баллистических ракет. Рассмотрены ключевые направления развития: корректируемые системы наведения на конечном участке траектории, инерциально-спутниковые комплексы, адаптивные алгоритмы управления и перспективные материалы для теплозащиты. Проведён анализ влияния технологий искусственного интеллекта и гиперзвуковых платформ на эффективность поражения целей. Результаты показывают, что комбинация многорежимного наведения и машинного обучения может снизить KBO до 3–5 м.

Ключевые слова: точность, боевые блоки, точность, искусственный интеллект.

Bondarev K.A.

"Mathematics, Computer Science, and Engineering"

Test Engineer

Russia, Mirny

**PROSPECTS FOR IMPROVING THE ACCURACY OF INDIVIDUAL-
GUIDED BALLISTIC MISSILE BOLTS.**

Abstract: The article explores modern methods and promising technologies for improving the accuracy of individual-guided ballistic missile warheads ($CEP \leq 10$ m). Key areas of development are discussed, including adjustable guidance systems at the terminal stage, inertial-satellite systems, adaptive control

algorithms, and promising materials for heat protection. The analysis of the impact of AI technologies and hypersonic platforms on the effectiveness of target destruction is carried out. The results show that the combination of multi-mode guidance and machine learning can reduce the CEP to 3-5 m.

Keywords: accuracy, combat blocks, accuracy, artificial intelligence.

На сегодняшний день основу точного наведения боевых блоков баллистических ракет составляют инерциальные и спутниковые системы. Однако их возможности приближаются к физическим пределам.

Современные боевые блоки оснащаются комбинированными системами, где инерциальная навигация (ИНС) корректируется сигналами ГЛОНАСС или GPS. Например, российский оперативно-тактический комплекс «Искандер-М» демонстрирует круговое вероятное отклонение (КВО) в 5–7 метров. Однако в условиях активного радиоэлектронного противодействия точность может снижаться до 15–20 метров. Проблемы: зависимость от спутниковых сигналов, уязвимых к глушению и спуфингу; накопление ошибок инерциальных систем на межконтинентальных дистанциях.

Альтернативой спутникам выступают системы, основанные на коррекции по рельефу и сопоставлению с цифровыми изображениями. Они используются во многих крылатых ракетах.

Но в силу ряда обстоятельств в настоящее время этот метод требует предварительного сканирования целей и создания детализированных карт. И он малоприменим для стратегических ракет из-за высокой скорости спуска боевых блоков.

Современные боевые блоки баллистических ракет сталкиваются с фундаментальной проблемой: даже самые совершенные инерциальные и спутниковые системы не могут гарантировать точность лучше 5–10 метров в условиях реального боя, где действуют помехи, атмосферные аномалии и активное противодействие противника. Решение этой проблемы лежит в разработке активных систем терминального наведения – технологий,

которые позволяют боевому блоку самостоятельно корректировать траекторию на последнем участке полёта, буквально за секунды до поражения цели. Одним из самых перспективных направлений является использование лидарных систем. Принцип их работы напоминает лазерный дальномер, но с ключевым отличием – лидар создаёт трёхмерную карту местности в реальном времени. Как это работает? На высоте 10–15 км боевой блок активирует лидар, который сканирует поверхность узконаправленным лазерным лучом. Отражённый сигнал анализируется бортовым компьютером, сравнивается с заранее загруженными цифровыми картами, и система корректирует траекторию. Точность: До 0,3–0,5 м (в идеальных условиях).

Пример: экспериментальные блоки в новом отечественном, перспективном ракетном комплексе тестируют лидарное наведение для поражения малоразмерных целей.

Проблемы: чувствительность к облачности и дыму (частично решается использованием нескольких спектральных диапазонов); ограниченное время работы (лидар эффективен лишь на финальном участке). Чтобы компенсировать слабые места лидаров, применяют многоспектральное наведение: ИК-головки самонаведения (ИК-ГСН) – захватывают цель по тепловому излучению (эффективны против работающих радаров, двигателей техники). Радиолокационные системы миллиметрового диапазона (W-band, 77–110 ГГц) – менее подвержены помехам, чем спутниковая навигация. Традиционные алгоритмы наведения работают по жёстким, заранее запрограммированным сценариям. Но в динамичной боевой обстановке это недостаточно. Нейросетевые технологии позволяют боевому блоку адаптироваться к изменяющимся условиям.

Как ИИ улучшает точность? Ответ следующий: при входе в атмосферу (скорость ~ Mach 10) блок сталкивается с турбулентностью, ветровыми

сдвигами, ИИ анализирует данные датчиков и предсказывает корректирующие манёвры, а не просто реагирует на ошибки.

Если противник применяет тепловые ловушки или радиоэлектронное подавление, ИИ сравнивает цель с библиотекой образов (например, отличает). Если запущено несколько боевых блоков, они могут обмениваться данными и перераспределять цели в реальном времени. Но здесь имеют место следующие ограничения: требуются мощные бортовые компьютеры, устойчивые к электромагнитному импульсу; риск «враждебного ИИ» – если противник взломает алгоритмы.

Гиперзвуковые боевые блоки (скорость $> Mach 5$) не просто быстрее – они меняют саму парадигму наведения. Почему гиперзвук так влияет на точность? Ответ прост: короткое время полёта влияет на уменьшение объёма ошибок инерциальных систем. При использовании гиперзвуковых платформ аэродинамическое управление позволяет манёврам на конечном участке. Пример: ракетный комплекс «Авангард», в котором реализована технология скользящего полёта в атмосфере с набором высоты и снижением («прыжки»). Головка наведения защищена пористой керамикой, выдерживающей до $2500^{\circ}C$. При использовании в перспективе прямоточного двигателя для коррекции курса возникает такая проблема, как проблема тепловой защиты сенсоров: при $Mach 10$ носовая часть нагревается до $2000^{\circ}C$. Эта проблема может быть решена при помощи применения сапфировых иллюминаторов, а также использования активного охлаждения (жидкий азот в микроканалах). Перспектива: к 2030 году ожидается появление гиперзвуковых блоков с ИИ-управлением, где алгоритмы будут прогнозировать аэродинамические нагрузки и оптимизировать траекторию в режиме реального времени. Активное терминальное наведение, ИИ и гиперзвуковые технологии – это не просто улучшение точности, а смена поколений в ракетной технике. Однако их внедрение требует прорывов в материаловедении, микроэлектронике и

защите данных. Уже сейчас ясно: будущее за автономными боевыми блоками, способными самостоятельно оценивать обстановку и принимать решения – почти как пилот-истребитель, но на скорости в 10 раз выше.

Использованные источники:

1. Сысоев А.А. Высокоточные боевые блоки: теория и практика. М.: Вузовская книга, 2022.
2. Китаев Р.В. Гиперзвуковые технологии в ракетостроении. СПб: Политехника, 2021.