

УДК 623.465.56

DOI 10.51955/2312-1327_2026_1_29

СПОСОБ АЭРОНАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОЛЁТОВ И ПЕРЕХВАТА ОТДЕЛЬНЫХ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. ЧАСТЬ 1

*Эдуард Юрьевич Алтухов,
Управление боевой подготовки Воздушно-космических сил
Министерства обороны Российской Федерации,
ул. Знаменка, 19
Москва, 119019, Россия
altuhov_ed@mail.ru*

*Евгений Юрьевич Наполов,
Государственный центр подготовки авиационного персонала,
ул. Гагарина, 61а
Липецк, 398002, Россия
napolovi@yandex.ru*

*Андрей Вячеславович Яковлев,
orcid.org/0000-0003-2985-3907,
доктор технических наук, доцент
Государственный центр подготовки авиационного персонала,
ул. Гагарина, 61а
Липецк, 398002, Россия
yakovlev_andy@mail.ru*

Аннотация. Быстрый темп развития гиперзвукового оружия ставит задачу перед всеми странами мира в кратчайшие сроки пересмотреть свои оборонительные стратегии и инвестировать в новые технологии перехвата гиперзвуковых летательных аппаратов (далее – ГЛА).

Данная статья является первой частью исследования, в которой проведён обзор развития гиперзвукового оружия в мире и рассмотрены его преимущества над остальными видами вооружения. В целях решения задачи перехвата гиперзвукового оружия проанализированы классические методы наведения на различные типы целей и обоснована невозможность их применения. Также проведён анализ существующих авиационных средств поражения (далее – АСП) авиационных комплексов и зенитных управляемых ракет систем противовоздушной обороны, который показал, что по скоростным характеристикам они существенно отстают от гиперзвуковых летательных аппаратов и не могут их догнать. Определена главная сложность решения задачи наведения, которая заключается в определении координат точки перехвата гиперзвукового оружия в условиях значительного превышения скорости над скоростью авиационного средства поражения. Во второй части статьи будет представлен вариант решения поставленной задачи с использованием разработанного способа аэронавигационного обеспечения перспективной военно-технической системы для контроля полётов и перехвата отдельных ГЛА.

Ключевые слова: аэронавигационное обеспечение, контроль, полёты, перехват, гиперзвуковой летательный аппарат, модель, способ.

METHOD OF AIR NAVIGATION SUPPORT FOR AN ADVANCED MILITARY-TECHNICAL SYSTEM FOR FLIGHT CONTROL AND INTERCEPTION OF INDIVIDUAL HYPERSONIC AERIAL VEHICLES. PART I

*Eduard Yu. Altukhov,
Directorate of Combat Training of the Aerospace Forces Ministry
of Defense of the Russian Federation,
19, Znamenka St.,
Moscow, 119019, Russia
altuhov_ed@mail.ru*

*Evgeny Yu. Napolov,
State Aviation Personnel Training Center,
61a, Gagarina
Lipetsk, 398002, Russia
napolovi@yandex.ru*

*Andrey V. Yakovlev,
orcid.org/0000-0003-2985-3907,
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
State Aviation Personnel Training Center,
61a, Gagarina
Lipetsk, 398002, Russia
yakovlev_andy@mail.ru*

Abstract. The rapid pace of hypersonic weapons development sets the task for all countries of the world to revise their defensive strategies in the shortest possible time and invest in new technologies for intercepting hypersonic aerial vehicles (hereinafter HAV).

This article is the first part of a study that reviews the development of hypersonic weapons in the world and examines their advantages over other types of weapons. In order to solve the problem of hypersonic weapons interception, classical guidance methods for various types of targets are analyzed, and the impossibility of their application is substantiated. An analysis of the existing airborne weapons of aviation complexes and anti-aircraft guided missiles of air defense systems was also carried out, which showed that in terms of speed characteristics they lag significantly behind hypersonic aerial vehicles and cannot catch up with them. The main difficulty in solving the guidance problem has been determined, which consists in determining the coordinates of the interception point of a hypersonic weapon in conditions of significant speed exceeding the speed of an aircraft weapon. In the second part of the article a solution to this problem will be presented using the developed method of air navigation support for an advanced military-technical system for flight control and interception of individual HAV.

Keywords: air navigation support, control, flights, interception, hypersonic aerial vehicle, model, method.

Introduction (Введение)

В настоящее время гиперзвук – это одна из главных областей идущего соревнования в мире между технически развитыми странами в области создания передовых военных технологий. Превысить скорость звука в шесть, восемь или даже в десять раз – одна из глобальных задач развития современного ракетостроения в мировой практике.

Идея гиперзвукового оружия уходит корнями в середину XX века. Во время Второй мировой войны австрийский учёный Ойген Зенгер предложил

концепцию «Зильберфогеля» – гиперзвукового планера, способного доставлять боеприпасы на огромные расстояния, используя атмосферный полет. Хотя проект остался на бумаге, он заложил основу для будущих исследований. В эпоху холодной войны США и СССР экспериментировали с технологиями, которые могли бы обеспечить превосходство в скорости и манёвренности. Программа Х-15 в США, запущенная в 1950-х годах, позволила испытать полёты на скоростях до 6,7 Маха, а советские разработки в области баллистических ракет также затрагивали гиперзвуковые технологии [Бычков, 2021; Гиперзвуковое оружие..., 2025].

Кроме того, гиперзвуковое оружие – это высокоточное оружие и предназначено в основном для прорыва противовоздушной и противоракетной обороны. В западном экспертном сообществе принято полагать, что гиперзвуковые технологии меняют характер ядерной и обычной войны, делая её более быстротечной, менее предсказуемой по последствиям и более затруднительной для обороны. На сегодняшний день это уже запустило, как считают некоторые учёные [Тирак, 2018], новую гонку вооружений.

Начало XXI века ознаменовалось новым этапом создания систем оружия на базе гиперзвуковых летательных аппаратов. Причиной активизации работ по созданию новых систем ракетного вооружения стали претензии США на мировое лидерство и формирование однополярного мирового порядка. Для реализации данного намерения требовалось подавляющее превосходство в средствах вооружённой борьбы над любым другим государством [Ашурбейли, 2017; Носатенко, 2009]. Поэтому работы по ведению перспективных исследований в данной области проводятся под управлением Министерства обороны США (DARPA), NASA, с министерствами Военно-воздушных сил, Военно-морских сил и армии в рамках ряда программ, а суммарное ежегодное финансирование составляет более 200 млн долларов США [Титков, 2017; Гиперзвуковое оружие..., 2025].

Текущие исследования США в области программ гиперзвукового оружия включают в себя: 1) оружие быстрого реагирования воздушного базирования AGM-183 BRC (ARRW) и крылатую ракету гиперзвуковой атаки (HACM) [Федосов, 2014; Stilwell, 2020]; 2) гиперзвуковое оружие дальнего радиуса действия армии (LRHW или Dark Eagle); 3) обычный быстрый удар ВМС (CPS), 4) наступательные средства противоракетной обороны Increment II (OASuW-2) и DARPA «Stactical Boost Glide» (TBG), Operation Fires (OpFires) и концепцию гиперзвукового воздушно-реактивного оружия (HAWC). Создаются и ракета «земля – земля» PrSM с дальностью 700 км [Precision Strike..., 2023], крылатая ракета средней дальности Typhon с дальностью в диапазоне 1 500 км на базе уже существующих ракет, «Томагавков» и SM-6 [Roaten, 2022]. Агентство перспективных оборонных исследовательских проектов DARPA, стремясь усовершенствовать свою программу гиперзвукового оружия, запросило 60 млн долларов в своём бюджете на 2023 финансовый год для проработки концепции программы Mohawk – преемницы HAWC. Программа нового запуска, получившая название Mohawk, является преемницей HAWC, разработанной

совместно с ВВС с использованием Raytheon и Lockheed Martin в качестве основных подрядчиков. Согласно же докладу Исследовательской службы Конгресса США, американцы рассматривают только неядерное применение гиперзвуковых технологий [Bugos, 2022]. Поступление на вооружение гиперзвукового оружия по прогнозам ожидается к 2027 году. Его дальность должна превзойти возможности самых мощных систем ПВО России и Китая. Однако американские программы сталкиваются с трудностями: два из трёх тестов прототипа С-HGB в 2017–2020 годах завершились неудачей, что подчёркивает технологические вызовы [Бычков, 2020; Шаманов и др., 2022].

В настоящее время ряд ведущих держав стараются не отставать, прежде всего Россия и Китай, а также другие: Великобритания, Франция, Германия, Израиль, Индия, КНДР, Япония, Южная Корея, Иран, Йемен, Австралия и даже Пакистан – то есть те страны, где смогли приблизиться к таким технологиям [Приставка, 2020]. Так, например, Китай демонстрирует впечатляющий прогресс, особенно с ракетой DF-17, оснащённой гиперзвуковым глайдером. В 2021 году испытание этой системы, облетевшей земной шар на низкой орбите, вызвало тревогу в США, где его сравнили с запуском «Спутника». DF-17 имеет дальность до 2 500 км и скорость до 10 Махов, а её способность нести как ядерные, так и обычные боеголовки делает универсальной. Китай также работает над межконтинентальной ракетой DF-41 и гиперзвуковой ракетой воздушного базирования, что укрепляет его позиции в гиперзвуковой гонке [Мизин и др., 2023; Гиперзвуковое оружие..., 2025].

Неожиданными участниками гонки гиперзвукового оружия стали Иран и Йемен. В 2022 году Иран представил ракету «Фаттах» с заявленной скоростью 15 Махов и дальностью 1 400 км. В 2023 году появилась «Фаттах-2» с отделяемым гиперзвуковым блоком, способным маневрировать для уклонения от систем противовоздушной обороны (далее – ПВО). Йеменские хуситы в марте 2024 года заявили об успешном испытании гиперзвуковой ракеты со скоростью до 10 000 км/ч, что стало сенсацией, учитывая ограниченные ресурсы региона. Эти разработки подчёркивают, как гиперзвуковые технологии становятся доступнее, усиливая глобальную конкуренцию.

Индия тестирует гиперзвуковую ракету «BrahMos-II», а КНДР в 2021–2022 годах провела пуски ракет с маневрирующими гиперзвуковыми блоками. Великобритания в апреле 2025 года сообщила о «крупном» испытании гиперзвуковой системы со скоростью 5 Махов, способной запускаться с земли, моря или воздуха. Эти события показывают, что гиперзвуковое оружие перестаёт быть прерогативой сверхдержав, становясь глобальным трендом [Рычков, 2021].

Вооружённые силы Российской Федерации в марте 2022 года первые в мире выполнили боевое применение гиперзвукового оружия, которое продемонстрировало его потенциал. В результате пуска гиперзвуковой ракеты типа «Кинжал» на Украине в Ивано-Франковской области был разрушен подземный склад, который считался одним из самых укрепленных объектов.

Materials and methods (Материалы и методы)

Материалами исследования являются научные публикации, в которых описывается развитие гиперзвукового оружия в различных странах мира. Основные материалы изложены в работах: Бычкова В.В., Мизина В.И., Ефремова Г.А., Титкова О.С., Рычкова В.М., Приставка Е., Федосова Е.А., Шаманова В.А., Щетиникова Е.С., Bugos S., Mizokami K., Roaten M., Tirpak J.A.

Методы исследования: анализ, синтез, моделирование.

Discussion (Дискуссия)

Стратегически гиперзвуковое оружие меняет баланс сил. Гиперзвуковое оружие делится на два основных типа: гиперзвуковые планирующие аппараты и гиперзвуковые крылатые ракеты. Первые запускаются с помощью баллистической ракеты, после чего маневрируют в атмосфере, используя аэродинамические силы. Вторые оснащены прямоточными воздушно-реактивными двигателями, позволяющими поддерживать высокую скорость на протяжении всего полёта. Оба типа обладают уникальными характеристиками, такими как скорость и манёвренность, которые сокращают время реакции на перехват и делают их сложными целями для современных систем противовоздушной и противоракетной обороны. Также необходимо учесть, что скорость ГЛА превышает в 8–10 раз скорость звука, а следовательно, существующие зенитно-управляемые ракеты систем противовоздушной обороны не могут их догнать и поразить. Так, например, время реакции зенитного ракетного комплекса (далее – ЗРК) ПВО США комплексной системы «Иджис» составляет порядка 8–10 секунд, а ГЛА, идущий со скоростью 2–3 км в секунду, за это время проходит расстояние до 30 км, поэтому данная система ПВО физически не успевает отработать по цели. Зенитно-управляемые ракеты-перехватчики систем ПВО других стран аналогично не успевают догнать и уничтожить ГЛА, а могут быть применены только на встречных курсах. Это вынуждает все страны мира пересматривать свои оборонительные стратегии и инвестировать в новые технологии перехвата [Платунов, 2005; Горченко и др., 2013].

В целях решения задачи контроля полёта и перехвата ГЛА рассмотрены существующие классические методы наведения истребителя-перехватчика на различные типы целей, которые можно разделить на методы прямого сближения, параллельного сближения, упреждённого сближения, наведение методом «погоня» и метод наведения «манёвр» [Кумков, 1973].

Метод прямого сближения

Наведение методом прямого сближения состоит в том, что истребителю-перехватчику задаётся курс для выхода на заданную дальность до воздушной цели D_k с нулевым углом визирования (курсовым углом ГЛА). Дальность D_k называют глубиной наведения. Она определяется по следующей формуле:

$$D_k = D_{\Pi} + \frac{dD}{dt} t_{\text{при}}, \quad (1)$$

где $D_{п}$ – дальность пуска авиационного средства поражения;

$\frac{dD}{dt}$ – скорость сближения истребителя-перехватчика с ГЛА;

$t_{прц}$ – время прицеливания.

Если считать, что после выхода на дальность $D_{к}$ истребитель-перехватчик и ГЛА продолжают полет по прямой, то до пересечения линии пути ГЛА истребитель-перехватчик пройдет путь $D_{к}$, а ГЛА за это же время пройдет путь:

$$\dot{S}_{ц} \frac{D_{к}}{\dot{S}_{и}} = nD_{к}. \quad (2)$$

Следовательно, продолжение траектории истребителя-перехватчика пересекает ось абсцисс относительной системы координат в точке N , находящейся сзади ГЛА, как показано на рисунке 1, на расстоянии:

$$x_N = -nD_{к}. \quad (3)$$

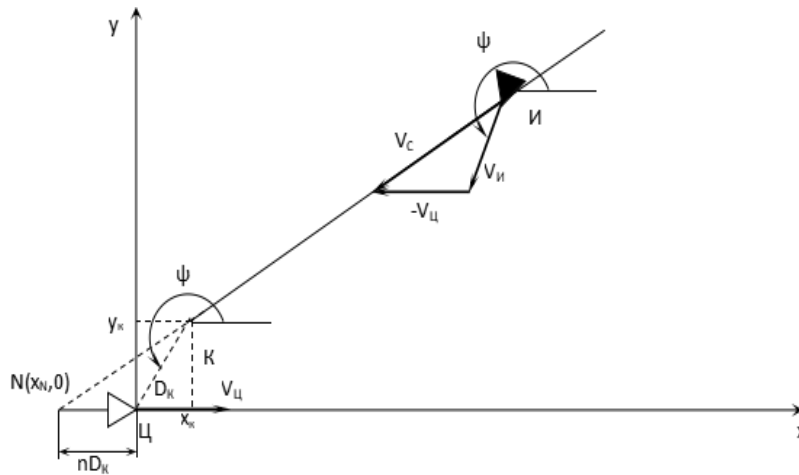


Рисунок 1 – Траектория истребителя при наведении методом прямого сближения

Соответственно уравнение траектории истребителя-перехватчика имеет следующий вид:

$$y = -\frac{\sin \psi}{n - \cos \psi} (x + nD_{к}). \quad (4)$$

Из рисунка видно, что курс полёта истребителя-перехватчика в точку встречи C равен:

$$\gamma_{и} = \Pi_{ц} + q_{ц}. \quad (5)$$

В соответствии с теоремой синусов, курсовой угол ГЛА рассчитывается по следующей формуле:

$$\sin q_{ц} = -\sin q_{и} \frac{\dot{S}_{ц} t}{\dot{S}_{и} t + D_{к}} = -n \sin q_{и} \frac{t}{t + \frac{D_{к}}{\dot{S}_{и}}}. \quad (6)$$

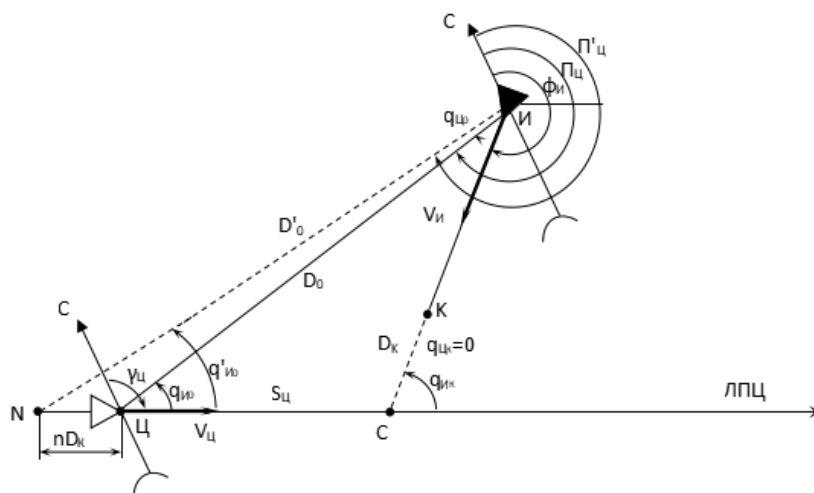


Рисунок 2 – Траектория истребителя-перехватчика при наведении методом прямого сближения

Время полёта истребителя-перехватчика при наведении методом прямого сближения определяется по теореме косинусов и имеет следующий вид:

$$(\dot{S}_{И}t + D_{К})^2 = D_0^2 + \dot{S}_{Ц}^2 t^2 - 2D_0\dot{S}_{Ц}t \cos q_{И}, \quad (7)$$

$$(\dot{S}_{И}^2 - \dot{S}_{Ц}^2)t^2 + 2(D_{К}\dot{S}_{И} - D_0\dot{S}_{Ц} \cos q_{И})t + D_{К}^2 - D_0^2 = 0, \quad (8)$$

$$t = \frac{D_0\dot{S}_{Ц} \cos q_{И} - D_{К}\dot{S}_{И} + \sqrt{(D_0\dot{S}_{Ц} \cos q_{И} - D_{К}\dot{S}_{И})^2 - (\dot{S}_{И}^2 - \dot{S}_{Ц}^2)(D_{К}^2 - D_0^2)}}{(\dot{S}_{И}^2 - \dot{S}_{Ц}^2)}. \quad (9)$$

Рассматривая метод прямого сближения для перехвата ГЛА, очевидно, что при выходе истребителя-перехватчика на дальность $D_{К}$ поражение ГЛА не представляется возможным ввиду превышения скорости ГЛА над скоростью авиационного средства поражения авиационного комплекса.

Применение данного метода для перехвата ГЛА не достигнет цели, так как траектории гиперзвуковой ракеты и АСП истребителя-перехватчика не имеют мгновенной точки встречи. Следовательно, применение данного метода для перехвата ГЛА не целесообразно.

Метод параллельного сближения

Сущность наведения методом параллельного сближения состоит в том, что истребителю-перехватчику задаётся курс в мгновенную точку встречи с ГЛА. При этом вектор относительной скорости встречи всегда направлен непосредственно на ГЛА, следовательно, $x_{К}=0$, $y_{К}=0$, $x_{Н}=0$ [Кумков, 1973]. Таким образом, для метода параллельного сближения уравнение принимает следующий вид:

$$y = -\frac{x \sin \psi}{n - \cos \psi} x. \quad (10)$$

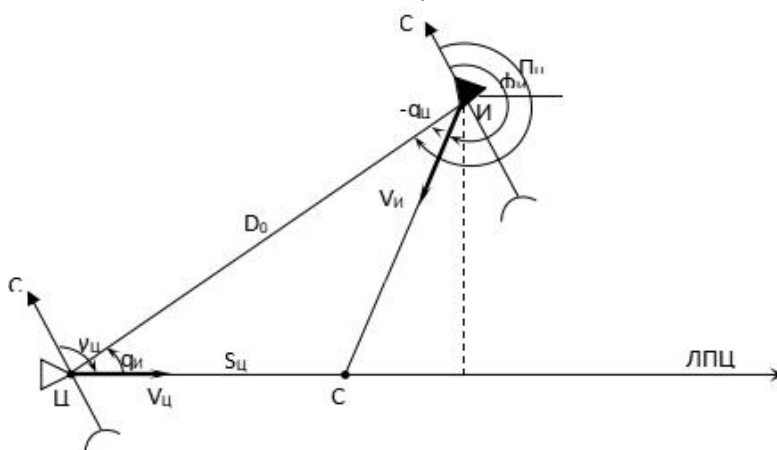


Рисунок 3 – Траектория истребителя-перехватчика при наведении методом параллельного сближения

Из рисунка 3 видно, что курс истребителя-перехватчика в точку встречи имеет следующий вид:

$$\gamma_{И} = \Pi_{Ц} + q_{Ц}, \quad (11)$$

где $\Pi_{Ц}$ – пеленг ГЛА, относительно местоположения истребителя-перехватчика.

Исходя из теоремы синусов, курсовой угол ГЛА определяется следующим образом:

$$\frac{\dot{S}_{Ц} t}{\sin q_{Ц}} = \frac{\dot{S}_{И} t}{\sin q_{И}}, \quad (12)$$

$$\sin q_{Ц} = \frac{\dot{S}_{Ц}}{\dot{S}_{И}} \sin q_{И}. \quad (13)$$

$$\frac{S_{Ц}}{\sin q_{Ц}} = \frac{D_0}{\sin(180 - q_{И} - q_{Ц})}, \quad (14)$$

$$S_{Ц} = D_0 \frac{\sin q_{Ц}}{\sin(180 - q_{И} - q_{Ц})}. \quad (15)$$

Время полёта ГЛА и истребителя-перехватчика в мгновенную точку встречи рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{S_{Ц}}{\dot{S}_{Ц}}. \quad (16)$$

Использование данного метода наведения применительно к истребителю-перехватчику не несёт в себе эффективности в силу того, что встреча с ГЛА не является решением задачи перехвата. С другой стороны, применение данного метода для наведения авиационного средства поражения авиационного комплекса на гиперзвуковой летательный аппарат, двигающийся с большой скоростью, не обеспечивает гарантированного поражения. Кроме того,

$$\sin q_{\text{Ц}} = -\sin q_{\text{И}} \frac{\dot{S}_{\text{Ц}}(t+t_p)}{\dot{S}_{\text{И}}t + D_p} = -n \sin q_{\text{И}} \frac{t+t_p}{t + \frac{D_p}{\dot{S}_{\text{И}}}}. \quad (20)$$

В силу схожести методов прямого и упреждённого сближения, то время наведения определяется следующим образом:

$$t = \frac{D_0 \dot{S}_{\text{Ц}} \cos q_{\text{И}} - D_{\text{К}} \dot{S}_{\text{И}} + \sqrt{(D_0 \dot{S}_{\text{Ц}} \cos q_{\text{И}} - D_{\text{К}} \dot{S}_{\text{И}})^2 - (\dot{S}_{\text{И}}^2 - \dot{S}_{\text{Ц}}^2)(D_{\text{К}}^2 - D_0^2)}}{(\dot{S}_{\text{И}}^2 - \dot{S}_{\text{Ц}}^2)} - t_p. \quad (21)$$

Из выражения (21) видно, что в случае превышения скорости ГЛА над скоростью истребителя-перехватчика, знаменатель принимает отрицательное значение. Следовательно, задача имеет решение только в том случае, если истребитель-перехватчик и ГЛА двигаются во встречных направлениях. Исходя из скоротечности процесса наведения, обусловленного высокой скоростью сближения, накладываются ограничения на значение курсового угла ГЛА, вследствие чего область применимости данного метода существенно уменьшается.

Метод наведения «погоня»

Сущность метода наведения «погоня» заключается в том, что вектор скорости истребителя-перехватчика и его продольная ось непрерывно направляются на ГЛА. В этом случае курсовой угол ГЛА равен нулю, истребитель-перехватчик сближается с ГЛА по криволинейной траектории полёта [Кумков, 1973]. Наведение этим методом связано с разворотом истребителя-перехватчика и изменением угла крена в процессе сближения с ГЛА (рисунок 5).

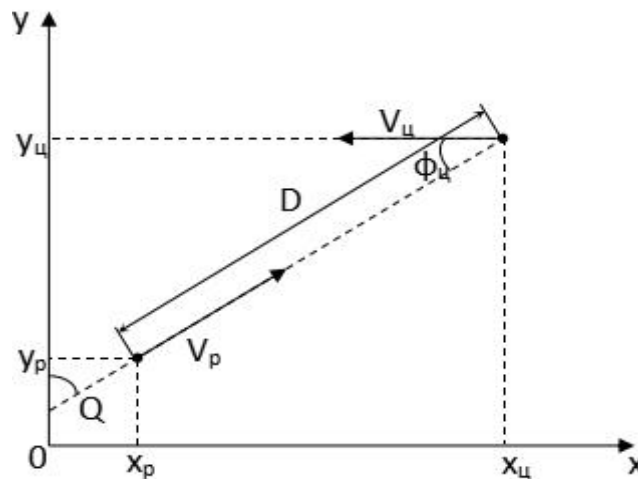


Рисунок 5 – Траектория истребителя-перехватчика при наведении методом «погоня»

Исходя из рисунка 5, взаимное передвижение ГЛА и истребителя-перехватчика описывается следующими уравнениями:

$$-\Delta D = (\dot{S}_p + \dot{S}_u \cos \phi_u) \Delta t, \quad (22)$$

$$\omega = \frac{d\phi_u}{dt} = \frac{V_u \sin \phi_u}{D}. \quad (23)$$

Умножив обе части (22) на $(\cos \phi_u - \frac{\dot{S}_p}{\dot{S}_u})$, а (23) на $\sin \phi_u$ уравнения принимают следующий вид:

$$\frac{dD}{dt} (\cos \phi_u - \frac{\dot{S}_p}{\dot{S}_u}) = \frac{\dot{S}_p^2}{\dot{S}_u^2} - \dot{S}_u \cos^2 \phi_u, \quad (24)$$

$$\frac{d\phi_u}{dt} D \sin \phi_u = \dot{S}_u \sin^2 \phi_u. \quad (25)$$

Вычитая уравнение (24) из (25), получается уравнение следующего вида:

$$\frac{dD}{dt} (\cos \phi_u - b) - \frac{d\phi_u}{dt} D \sin \phi_u = \dot{S}_u b^2 - \dot{S}_u, \quad (26)$$

$$D(\cos \phi_u - b) \Big|_D^0 = \dot{S}_u (b^2 - 1) t \Big|_0^t, \quad (27)$$

$$t = \frac{D(b - \cos \phi_{u0})}{\dot{S}_u (b^2 - 1)}. \quad (28)$$

Из уравнения (28) следует, что если скорость ГЛА больше скорости авиационного средства поражения, то значение времени полёта принимает неопределённую величину. Соответственно перехват ГЛА авиационным средством поражения, не имеющий преимуществ в скорости полёта, методом «погоня» невозможен. Кроме того, при определённом курсовом угле истребителя-перехватчика крен может достигнуть такого значения, когда он не сможет удержаться на криволинейной траектории полёта, так как перегрузки при наведении этим методом могут значительно превышать допустимые для лётчика и прочности самого истребителя-перехватчика.

Метод наведения «манёвр»

Наведение методом «манёвр» заключается в выводе истребителя-перехватчика по траектории, состоящей из нескольких участков, включающих специальный манёвр, в заданное относительно ГЛА положение по направлению и дальности [Кумков, 1973]. Это положение определяется возможностями системы вооружения истребителя-перехватчика и тактическим замыслом.

Траектория полёта истребителя-перехватчика при наведении методом «манёвр» состоит из следующих участков:

- участок прямолинейного полёта в точку начала манёвра (разворота);
- манёвр (разворот) для выхода на ГЛА с заданного направления;
- прямолинейный участок непосредственного выхода на ГЛА.

На первом этапе истребитель-перехватчик по прямой выводится в точку начала разворота. Длина прямолинейного участка первого этапа зависит от

исходной дальности между ГЛА и истребителем-перехватчиком, их взаимного положения, скоростей полёта и заданного угла встречи.

На втором этапе наведения истребитель-перехватчик выполняет манёвр. Наиболее распространенным видом манёвра является разворот на некоторый угол с определенным креном, который определяет радиус разворота. Команда на выполнение манёвра подаётся при выходе истребителя-перехватчика в точку начала разворота. В результате разворота истребителя-перехватчика на рассчитанный угол обнаружения ГЛА должен войти в зону обзора бортовой прицельной системы и находиться от него на некоторой дальности и быть не больше предельного угла встречи. Значение предельного угла встречи принимается равным максимальному отклонению зоны обзора бортовой прицельной системы истребителя-перехватчика от его продольной оси. На третьем этапе наведение осуществляется, как правило, методом прямого или упреждённого сближения.

Второй и третий этапы накладывают ограничения на решение задачи наведения на ГЛА, в первую очередь, по причине дефицита времени на выполнение манёвров. Кроме того, выше был сделан вывод о том, что наведения, выполненные методом прямого и упреждённого сближения, являются неэффективными, следовательно, и третий этап не решит задачу перехвата ГЛА. Исключением является случай, когда истребитель-перехватчик и ГЛА летят на встречных курсах, но в этом случае реализуется метод параллельного сближения.

Таким образом, можно сделать вывод по результатам проведённого анализа, что существующие классические методы наведения для решения задачи контроля полёта и перехвата ГЛА не эффективны, и перед научным сообществом, которое занимается работой по теме противодействия гиперзвуковому оружию, стоит научная задача разработки нового способа перехвата.

Results (Результаты)

В ходе проведения занятий на тренажно-моделирующих комплексах со специалистами по боевому управлению воздушным движением была подтверждена невозможность использования классических методов наведения при решении задачи перехвата и уничтожения ГЛА, а следовательно, выводы, сделанные по каждому методу наведения, верны.

Conclusion (Заключение)

Настоящая статья является первой частью исследований, в ней приведён анализ развития гиперзвукового оружия в мире и рассмотрены его преимущества над остальными видами вооружения, а также показано, что классические методы наведения на воздушные цели применять при решении задачи перехвата и уничтожения ГЛА невозможно. В ходе анализа классических методов наведения выявлены положительные стороны некоторых методов, которые позволят при их комплексировании реализовать их в новом способе, который позволит решить

задачу уничтожения ГЛА. Цель первого этапа исследований достигнута. Во второй части данной статьи будет приведён разработанный вариант способа аэронавигационного обеспечения военно-технической системы, который позволит с допустимой вероятностью решить задачу гарантированного уничтожения отдельных ГЛА.

Библиографический список

- Ашурбейли И. Р.* Средства воздушно-космического нападения и воздушно-космической обороны. Состояние и развитие. М.: Планета, 2017. 336 с.
- Бычков В. В.* Взгляд на возникновение и развитие гиперзвукового оружия в развитых странах мира // Научно-методический сборник. СПб, 2021. Вып. 20. С. 76-84.
- Бычков В. В.* Гиперзвуковое ракетное оружие будущего и российское противостояние западу // Морской сборник. 2020. № 2(2075). С. 73-78. EDN PMXFQE.
- Гиперзвуковое оружие: последние испытания и стратегические сдвиги // Avia.pro [Электронный ресурс]. – 2025. URL: <https://avia.pro/blog/giperzvukovoe-oruzhie-poslednie-ispytaniya-i-strategicheskie-sdvigi/> (дата обращения: 14.11.2025).
- Горченко Л. Д.* Моделирование конфликтных ситуаций между планирующим летательным аппаратом и зенитной управляемой ракетой-перехватчиком / Л. Д. Горченко, И. В. Евсеев, А. А. Мишин // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. 2013. Т. 137, № 6. С. 23-30. EDN SGMRXD.
- Кумков И. М.* Основы теории управления воздушным движением. Л.: ОЛАГА, 1973. 208 с.
- Мизин В. И.* Гиперзвуковое оружие и стратегическая стабильность: риски и вызовы для международной безопасности / В. И. Мизин, П. И. Севостьянов, А. Р. Макаев // Via in Tempore. История. Политология. 2023. Т. 50, № 4. С. 1061-1071. DOI 10.52575/2687-0967-2023-50-4-1061-1071. EDN DIDYPI.
- Носатенко П. А.* Гиперзвуковое оружие будущего // Защита и безопасность. 2009. № 2(49). С. 20-22. EDN KXMYFP.
- Платунов В. С.* Методология системных военно-научных исследований авиационных комплексов. М.: "Дельта", 2005. 344 с.
- Приставка Е.* Что известно о российском и американском гиперзвуковом оружии // Хайтек // [Электронный ресурс]. – 2020. URL: <https://hightech.fm/2020/10/07/russia-america-hypersonic-weapons> (дата обращения: 20.08.2025).
- Рычков В. М.* Гиперзвуковая крылатая ракета «Циркон». Сборник статей по материалам межвузовской научно-практической конференции. СПб. 2021. С. 146-151.
- Титков О. С.* Особенности гиперзвуковых маневрирующих боевых частей летательных аппаратов в проекте быстрого глобального удара // Авиационные системы. 2017. № 7. С. 31-37. EDN ZBPTJZ.
- Федосов Е. А.* Разработка в США концепции и элементов системы ПРО авиационного базирования. М.: ГосНИИАС, 2014. 63 с.
- Шаманов В. А.* Гиперзвук противника / В. А. Шаманов, В. В. Кулаков, О. Ю. Каширина // Защита и безопасность. 2022. № 2. С. 12-18.
- Vugos S.* U.S. Rushes Hypersonic Development. Arms Control Association // [Электронный ресурс] – 2022. URL: <https://www.armscontrol.org/act/2022-06/news/us-rushes-hypersonic-development> (дата обращения: 23.08.2025).
- Precision Strike Missile (PrSM) // Lockheed Martin // [Электронный ресурс] – 2023. URL: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/precision-strike-missile.html> (дата обращения: 14.11.2025).
- Roaten M.* Army Hypersonic Weapon on Fast-Track to Delivery // National Defense // [Электронный ресурс] – 2022. URL: <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2022/2/24/army-hypersonic-weapon-on-fast-track-to-delivery> (дата обращения: 14.11.2025).

Stilwell B. Why Russia's Hypersonic Missiles Can't Be Seen on Radar // *Military.com* // [Электронный ресурс] – 2020. URL: <https://www.military.com/equipment/weapons/why-russias-hypersonic-missiles-cant-be-seen-radar.html> (дата обращения: 14.11.2025).

Tirpak J. A. The Great Hypersonic Race // *Air & Space Forces Magazine* // [Электронный ресурс] – 2018. URL: <https://www.airandspaceforces.com/article/The-Great-Hypersonic-Race/> (дата обращения: 21.08.2025).

References

Ashurbeyli I. R. (2017). Means of aerospace attack and aerospace defense. Status and development. - М.: Planet: 336 p. (In Russian)

Bugos S. (2022). U.S. Rushes Hypersonic Development. *Arms Control Association*. Available at: <https://www.armscontrol.org/act/2022-06/news/us-rushes-hypersonic-development> (accessed 23 August 2025).

Bychkov V. V. (2020). Hypersonic missile weapons of the future and the Russian confrontation with the West. *Marine Collection*. 2(2075). 73-79. (In Russian)

Bychkov V. V. (2021). A look at the emergence and development of hypersonic weapons in the developed countries of the world. *Scientific and methodological collection*. 20: 76-84. (In Russian)

Fedosov E. A. (2014). Development of the concept and elements of an air-based missile defense system in the USA. Moscow: GosNIIAS, 2014. 63 p. (In Russian)

Gorchenko L. D., Evseev I. V., Mishin A. A. (2013). Simulations of the conflict in the paragliding situation between the glider pilot and the anti-aircraft guided missile. *Vopros Fluctromechanics. Work VNIVNI*. 137(6): 23-30. (In Russian)

Kumkov I. M. (1973). Fundamentals of the theory of air traffic control. Leningrad: OLAGA, 1973. 208 p. (In Russian)

Mizin V. N., Sevostyanov P. I., Makaev A. R. (2023). Hypersonic weapons and strategic stability: risks and challenges for international security. *Via in tempore. History of Political Science*. 50(4): 1061-1071. (In Russian)

Nosatenko P. A. (2009). Sound support. *Protection and safety*. 2(49): 20-22. (In Russian)

Platunov V. S. (2005). Methodology of systematic military scientific research of aviation complexes. Moscow: "Delta", 2005. 344 p. (In Russian)

Precision Strike Missile (2023). *Lockheed Martin*. Available at: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/precision-strike-missile.html> (accessed 14 November 2025).

Pristavka E. (2020). What is known about Russian and American hypersonic weapons. *High-tech*. Available at: <https://hightech.fm/2020/10/07/russia-america-hypersonic-weapons> (accessed 20 August 2025).

Roaten M. (2022). Army Hypersonic Weapon on Fast-Track to Delivery. *National Defense*. Available at: <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2022/2/24/army-hypersonic-weapon-on-fast-track-to-delivery> (accessed 14 November 2025).

Rychkov V. M. (2021). Hypersonic cruise missile "Zircon". *Collection of articles based on the materials of the interuniversity scientific and practical conference*. St. Petersburg: 146-151. (In Russian)

Shamanov V. A., Kulakov V. V., Kashirina O. Yu. (2022). Gipper sound enemy. *Protection and safety*. 2: 12-18. (In Russian)

Sound support: the latest and the latest strategy (2025). Available at: <https://avia.pro/blog/giperzvukovoe-oruzhie-poslednie-ispytaniya-i-strategicheskie-sdvigi> (accessed 14 November 2025).

Stilwell B. (2020). Why Russia's Hypersonic Missiles Can't Be Seen on Radar. *Military.com*. Available at: <https://www.military.com/equipment/weapons/why-russias-hypersonic-missiles-cant-be-seen-radar.html> (accessed 14 November 2025).

Tirpak J. A. (2018). The Great Hypersonic Race. *Air & Space Forces Magazine*. Available at: <https://www.airandspaceforces.com/article/The-Great-Hypersonic-Race/> (accessed 21 August 2025).

Titkov O. S. (2017). Features of hypersonic maneuvering warheads of aircraft in the Rapid Global Strike project. Aviation Systems. 7: 31-37. (In Russian)

Поступила в редакцию
Принята в печать
Опубликована

15.10.2025
19.11.2025
07.03.2026

Received
Accepted for publication
Published

15.10.2025
19.11.2025
07.03.2026