

## К вопросу о создании коллиматорных систем с интегрированными элементами ИИ и VR/AR

*Т.М. Татарникова, А.М. Сергеев, Е.К. Григорьев, Т.Р. Мустафин*

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения*

**Аннотация:** Рассматривается вопрос использования экрана коллиматорной системы самолета, как средства вывода подсказки пилоту о вертикальном профиле траектории полета в условиях плохой видимости на малой и предельно малой высотах пилотирования.

**Ключевые слова:** малая высота полета, предельно малая высота полета, угроза столкновения, коллиматор, виртуальная карта высот, виртуальная реальность, дополненная реальность, искусственный интеллект, комплексирование информации, система помощи пилоту

### Введение

Современные системы помощи при маневрировании на малой высоте предназначены для повышения скрытности самолета, облегчения работы пилота, обеспечения высокого уровня безопасности полетов на всех этапах от взлета до посадки.

Особую значимость такие системы приобретают при маневрировании на малой и предельно малой высотах в сложных метеорологических условиях в высоких широтах, например, в полярной зоне России, освоение которой значительно активизировалось в последнее время [1, 2].

Системы помощи в самолетах все в большей мере становятся комплексными, обеспечивающими все основные этапы полета и позволяющими существенно повысить информированность пилота для принятия верных решений при маневрировании, особенно на малых высотах, а иногда и на время его подменять.

Цель работы – определить место ИИ и VR/AR в составе системы помощи при маневрировании самолета на малой и предельно малой высотах в условиях плохой видимости.

## Опасности пилотирования на малой и предельно малой высотах

Полетом на малой высоте считается полет ниже 150 метров над поверхностью земли. В большинстве случаев такие полеты используются для того, чтобы избежать обнаружения самолета, но сопровождаются опасностью столкновения на достаточно высокой скорости с элементами рельефа местности (сопки, горные массивы), высотными техническими и другими объектами.

Различимость объектов рельефа часто значительно затруднена, особенно в условиях Крайнего Севера в зимнее время ввиду отсутствия видимых ориентиров. В связи с ускоренным освоением Северного морского пути, созданием наземных инфраструктурных объектов на всем его протяжении для летчика требуется помощь при пилотировании самолетов на высоких скоростях на малых и предельно малых высотах.

Такие системы помощи в процессе функционирования объединяют технологии искусственного интеллекта, систему навигации ГЛОНАСС, многочисленные подсистемы, используют информацию от разнообразных датчиков.

Исходя из того, что полет происходит ниже 150 м над поверхностью земли, следует выделить следующие объекты, представляющие при этом опасность:

- высотные объекты [3] (здания, промышленные сооружения и конструкции);
- высокие опоры линий электропередачи (ЛЭП);
- холмистая и гористая местности с резкими изменениями продольных высот рельефа, к которым относится район крайнего Севера.

В качестве высотных промышленных объектов следует признать:

- трубы ТЭЦ, имеющие высоту до 120 м;

– трубы ГРЭС, 27 из которых в России имеют высоту от 230 (Рефтинская ГРЭС) до 370 м (Березовская ГРЭС).

В среднем высота опор ЛЭП составляет до 25 м, однако верхний предел высоты стандартом не предусмотрен [4]. Сегодня самая высокая в России конструкция опоры ЛЭП расположена в городе Балаково и ее высота составляет 197 м. Чуть ниже опоры ЛЭП перехода через р. Ангара в Красноярском крае – 125 м.

Перечисленные и аналогичные объекты имеют конкретные координаты и могут быть специально отмечены на реальных и виртуальных картах, но остается проблема столкновения с ЛЭП.

### **Обнаружение ЛЭП и перепадов высот поверхности**

Обнаруживать ЛЭП, а также другие стационарные и движущиеся объекты можно с помощью бортовой радиолокационной станции в диапазоне 3 мм [5] или применяя ИК-камеру. Дальность обнаружения линий электропередач диаметром 10 мм, на основании расчетов эффективной площади рассеяния (ЭПР), радиолокатором составляет 700 м, что достаточно для принятия пилотом верного решения.

Несмотря на то, что у такого типа системы есть недостатки, заключающиеся в ее дороговизне, значительных размерах и массе, активных зондирующих сигналах, она более эффективна, чем применение ИК-камер и лазерного радара, особенно при плохих погодных условиях, влияющих на рассеивание полезного сигнала.

Отслеживание изменений уровней высот рельефа при полетах на малых и предельно малых высотах является задачей не менее актуальной для реактивной авиации, хотя уже сегодня предлагаются различные варианты при пилотировании малой авиации.

Оценка рельефа по маршруту полета обычно производится пилотом визуально в коллиматорной системе. На рис. 1 приведены схема реализации

---

и внешний вид авиационного коллиматора, предоставленные АО «Электронная компания «Элкус» (Санкт-Петербург).

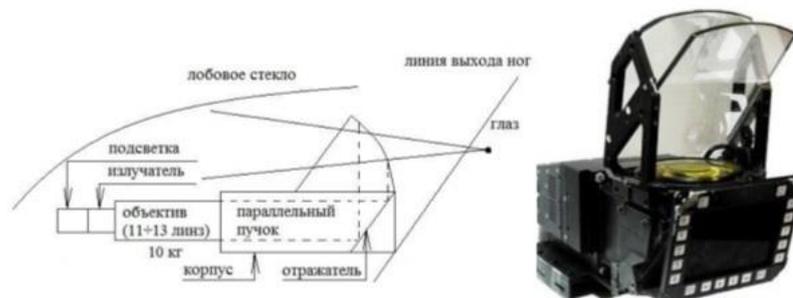


Рисунок 1. – Схема и внешний вид авиационного коллиматора

Возможно расширение функционала коллиматора за счет вывода на его экран информации, формируемой в реальном времени в VR/AR на встраиваемом вычислителе, и представляющей собой профиль уровней высот местности с привязкой к координатам самолета.

Такое решение не является принципиально новым в смысле организации микширования информации. Наглядным примером может служить экипировка солдат, включающая каски с интегрированными элементами VR/AR. На рисунке 2 представлен пример такой реализации для пехотинцев.



Рисунок 2. – Вспомогательные системы VR/AR в экипировке солдат  
(изображение взято из источника [6])

Это анонсированная пехотная система дополненной реальности IVAS (США) [6].

Для самолетов малой гражданской авиации, имеющих невысокую полетную скорость, известны приложения, позволяющие в реальном времени сформировать профиль высот на смартфоне или планшете, как это делается, например, приложением «Умный помощник для пилота» [7], представленным на рисунке 3. Одним из популярных является приложение Naviator российского разработчика под ОС Android [8], выполняющее аналогичные расчеты и построения.



Рисунок 3. – Профиль высот, построенный приложением на смартфоне  
(изображения взяты из источника [7])

Однако при пилотировании реактивного самолета указанные системы становятся бесполезными, поскольку маршрут полета вариативен и не может быть задан заранее для формирования полета в вертикальной плоскости.

Связать высокую скорость полета самолета и его безопасное маневрирование позволяет совмещение технологий VR/AR и искусственного интеллекта (ИИ) [9, 10], а также контроль измерения малых высот [11].

Один из первых примеров использования ИИ в авиации – самолет-разведчик LoFLYTE. Его по заказу NASA и «Air Force» [12] в 1996 г. разработала компания «Accurate Automation Corp». В проекте использовалась нейронная сеть, обучаемая на копировании приемов пилотирования реального летчика. Поскольку самолет проектировался для полетов на скорости 4-5 махов, при которой реакция пилота-человека часто не позволяет адекватно реагировать на изменение режима полета, то за счёт высокой скорости обработки данных ИИ быстро предотвращал аварийные и экстремальные ситуации.

Таким образом, ИИ в пилотировании самолета на малой и предельно малой высотах, объединенный с модулем привязки координат ГЛОНАСС с виртуальной картой высот, загруженной в вычислитель – это возможность повышения безопасности полетов с максимальным использованием ресурсов и оптимизацией работы пилота [13].

### **Заключение**

Современные авиационные электронные системы постоянно совершенствуются за счет появления новых технологий и обновления существующих авиационных комплексов, которые еще в большей мере увеличивают возможности пилотирования самолета на малой и предельно малой высотах, делая их более безопасными.

Комбинация применения ИИ и VR/AR с выводом информации на экран коллиматорной системы позволяет отслеживать в реальном времени изменение высот рельефа местности по траектории полета самолета.



## Литература

1. Замятина Н. Ю., Пилясов А. Н. Новый подход к освоению северных и арктических территорий России: локальная транспортная система // Проблемы развития территории. 2018. №4 (96). С. 26-41.

2. Зерщикова Н. И. Государственная политика и перспективные направления развития территориальных систем хозяйствования Арктики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2017. №2 (53). С. 116-127.

3. Максименко Ю.И., Шеина С.Г., Белаш В.В. Сравнительный анализ высотных зданий в России и за рубежом // Инженерный вестник Дона. 2020. №11. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6683](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6683)

4. Высота опор линий электропередач // Северозапад. Завод металлоконструкций URL: [zavodsz.ru/blog/vysota-opor-linij-elektroperedach/](http://zavodsz.ru/blog/vysota-opor-linij-elektroperedach/) (дата обращения: 13.11.2023).

5. Дрогалин В.В., Ждиханов В.Н., Меркулов В.И., Кустов В.И., Савостьянов В.Ю., Самрин О.Ф., Шейнина И.В. Радиолокационная система для обнаружения проводов линий электропередач. Патент на изобретение № 2310885 С1. Бюл. №32. 2007. С. 1-9.

6. Пехотная система дополненной реальности IVAS (США) // Военное обозрение URL: [topwar.ru/181316-pehotnaja-sistema-dopolnennoj-realnosti-ivas-ssha.html](http://topwar.ru/181316-pehotnaja-sistema-dopolnennoj-realnosti-ivas-ssha.html) (дата обращения: 13.11.2023).

7. Умный помощник для пилота // AIRNAVIGATION URL: [airnavigation.aero/ru/](http://airnavigation.aero/ru/) (дата обращения: 13.11.2023).

8. NAVIATOR URL: [naviator.app/](http://naviator.app/) (дата обращения: 13.11.2023).

9. Искусственный интеллект для самолётов. Будущее авиации // Авиация России и мира | Все о самолетах URL: [samoletos.ru/prochee/iskusstvennyj-intellekt-v-aviacii-budushhee](http://samoletos.ru/prochee/iskusstvennyj-intellekt-v-aviacii-budushhee) (дата обращения: 13.11.2023).

---

10. Ефимов А.И. Методы применения нейронных сетей для оценки и повышения фотореалистичности виртуальной реальности // Инженерный вестник Дона. 2019. №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2019/5787](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2019/5787)

11. Климашов Б.М., Клепов Е.Ю. Радиолокационный измеритель малых высот. Патент на изобретение № 2449310 С2. Бюл. №12. 2011. С. 1-8.

12. Cox, C., J. Neidhoefer, R. Saeks and G. Lendaris, 2001. Neural adaptive control of LoFLYTE(R). Proceedings of the 2001 American Control Conference, IEEE, pp. 2913–2917.

13. Сийи Ф., Луиз-Бабандо П., Маркитон В. Способ и система помощи в пилотировании летательного аппарата. Патент на изобретение № 2378677 С1. Бюл. №1. 2010. С. 1-13.

### References

1. Zamyatina N. YU., Pilyasov A. N. Problemy razvitiya territorii, 2018. №4 (96). pp. 26-41.

2. Zershchikova N. I. Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriyadka. 2017. №2 (53). pp. 116-127.

3. Maksimenko YU.I., Sheina S.G., Belash V.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. №11. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6683](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6683)

4. Vysota opor liniy elektroperedach [Height of power line towers]. URL: [zavodsz.ru/blog/vysota-opor-linij-elektroperedach/](http://zavodsz.ru/blog/vysota-opor-linij-elektroperedach/) (accessed 13/11/23).

5. Drogalin V.V., Zhdikhanov V.N., Merkulov V.I., Kustov V.I., Savost'yanov V.YU, Samarin O.F., Sheynina I.V. Radiolokacionnaya sistema dlya obnaruzheniya provodov linij elektroperedach. [A radar system for detecting power line wires]. Patent № 2310885 С1. Бул. № 13. 2007. pp. 1-9.

6. Pekhotnaya sistema dopolnennoy real'nosti IVAS [Infantry augmented reality system IVAS]. URL: [topwar.ru/181316-pehotnaja-sistema-dopolnennoj-realnosti-ivas-ssha.html](http://topwar.ru/181316-pehotnaja-sistema-dopolnennoj-realnosti-ivas-ssha.html) (accessed 13/11/2023).



7. Umnyj pomoshchnik dlya pilota [Smart assistant for the pilot]. URL: [airnavigation.aero/ru/](http://airnavigation.aero/ru/) (accessed 13/11/2023).
8. NAVIATOR URL: [naviator.app/](http://naviator.app/) (accessed 13/11/2023).
9. Yefimov A.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2019/5787](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2019/5787)
10. Iskusstvennyj intellekt dlya samolětov. Budushcheye aviatsii [Artificial intelligence for aircraft. The future of aviation]. URL: [samoletos.ru/prochee/iskusstvennyj-intellekt-v-aviacii-budushhee](http://samoletos.ru/prochee/iskusstvennyj-intellekt-v-aviacii-budushhee) (accessed 13/11/2023).
11. Klimashov B.M., Klepov E.YU. Radiolokacionnyj izmeritel' malyh vysot [Small-altitude radiolocation measuring device]. Patent № 2449310 C2. Bul. №12. 2011. pp. 1-11.
12. Cox, C., J. Neidhoefer, R. Saeks and G. Lendaris, 2001. Neural adaptive control of LoFLYTE(R). Proceedings of the 2001 American Control Conference, IEEE, pp: 2913–2917.
13. Siyi F., Luiz-Babando P., Markiton V. Sposob i sistema pomoshchi v pilotirovanii letatel'nogo apparata [Method and system for assisting in piloting an aircraft]. Patent № 2378677 C1. Bul. №1. 2010. pp. 1-13.

**Дата поступления: 29.10.2023**

**Дата публикации : 10.12.2023**