

DOI 10.53364/24138614\_2023\_29\_2\_34  
УДК 629.623.62

**Алибекқызы К.**

Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева,  
Усть-Каменогорск, Казахстан

*E-mail: [Karlygash.eleusizova@mail.ru](mailto:Karlygash.eleusizova@mail.ru)*

## **ПРИНЦИП АВТОНОМНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В СЛУЧАЕ ПОТЕРЬ УПРАВЛЕНИЯ ИЛИ СИГНАЛА УПРАВЛЕНИЯ**

### **БАСҚАРУДЫ НЕМЕСЕ БАСҚАРУ СИГНАЛЫН ЖОҒАЛТҚАН ЖАҒДАЙДА ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ АВТОНОМДЫ ЖҰМЫС ІСТЕУ ПРИНЦИПІ**

### **THE PRINCIPLE OF AUTONOMOUS OPERATION OF THE CONTROL SYSTEM OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE IN CASE OF LOSS OF CONTROL OR CONTROL SIGNAL**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается принцип автономного функционирования системы управления беспилотного летательного аппарата в случае потерь управления или сигнала управления.

**Ключевые слова:** Беспилотный летательный аппарат (БЛА), управление БЛА, автоматический режим.

**Аңдатпа.** Бұл мақалада басқару немесе басқару сигналы жоғалған жағдайда ұшқышсыз ұшу аппаратының басқару жүйесінің автономды жұмыс істеу принципі қарастырылады.

**Түйін сөздер:** Ұшқышсыз ұшу аппараты (ҰҰА), ұшқышсыз ұшу аппаратын басқару, автоматты режим.

**Abstract.** This article discusses the principle of autonomous operation of the control system of an unmanned aerial vehicle in the event of loss of control or control signal.

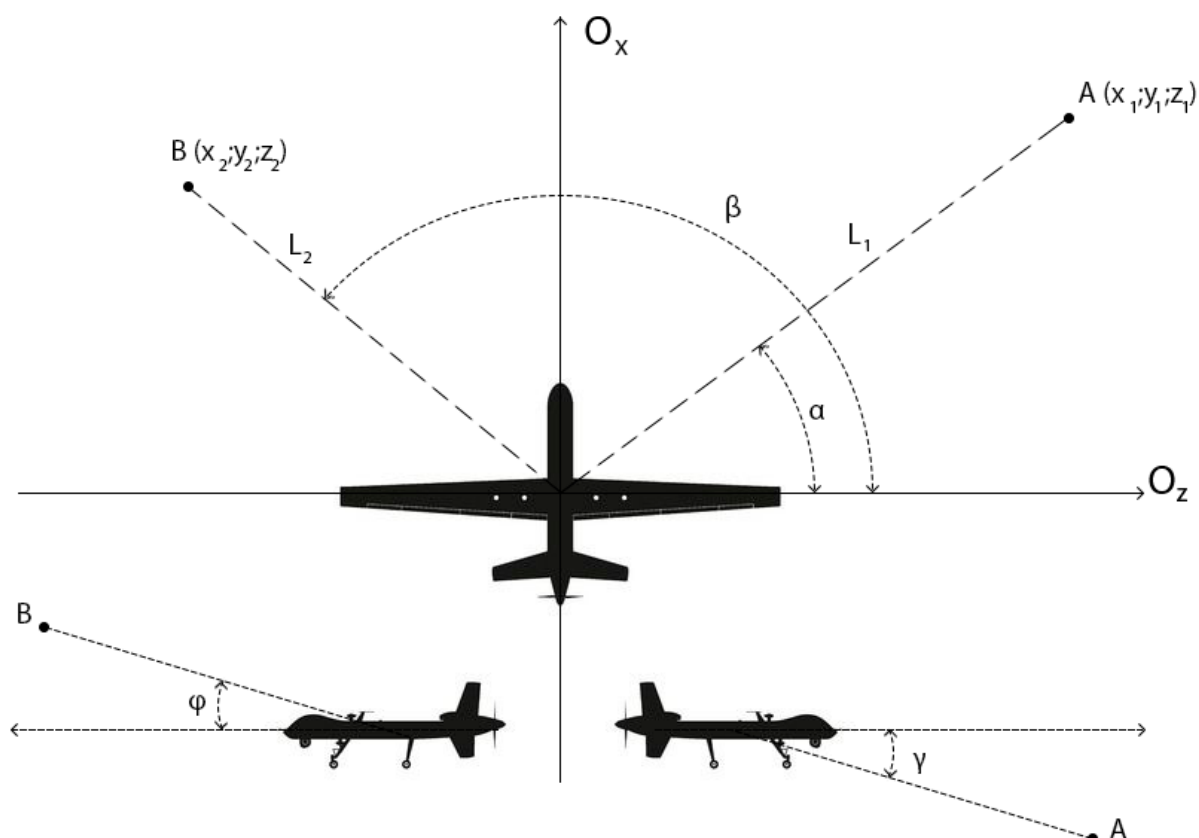
**Key words:** Unmanned aerial vehicle (UAV), UAV control, automatic mode.

**Введение.** Беспилотные летательные аппараты [1] в наше время используются все шире и шире. В связи с тем, что беспилотные летательные аппараты используются в условиях близких к экстремальным, является актуальным вопрос о разработке автономной [4] системы управления беспилотным летательным аппаратом в экстремальных условиях. Проблема управления летательным аппаратом в экстремальных условиях заключается в том, что в таких условиях у оператора нет возможности управлять БЛА, а у БЛА нет возможности определять скорость, направление и положение по спутниковым системам. Поэтому необходимо разработать систему управления, функционирующей, ориентируясь на неподвижные объекты местного ландшафта, и использующей заранее загруженную в память траекторию полета как руководство по навигации.

**Методы.** Для управления [2] полетом беспилотного летательного аппарата в автоматическом режиме необходима привязка к неподвижным объектам местного ландшафта и загрузка траектории движения до потери сигнала или управления.

В данной работе рассмотрены определения искусственным интеллектом положения (координат) и скорости летательного аппарата, ориентируясь положением относительно точек местного ландшафта и быстроты изменения положения.

Сперва рассмотрим принцип определения координат беспилотного летательного аппарата. Для осуществления автоматического [3] управления ИИ летательного аппарата во время полета под управлением оператора «следит» за двумя объектами по левую и по правую бортами БЛА. Так же запоминает их координаты, исходя из положения этих объектов и собственного положения.



**Рисунок 1.** Координаты объектов и собственного положения

Во время полета под управлением оператора и наличии сигналов от спутниковых систем координаты летательного аппарата [6] известны  $(X; Y; Z)$ . А координаты точек привязки определяются следующей формулой.

$$\begin{aligned}x_1 &= x + l_1 \sin \alpha \\x_2 &= x + l_2 \sin \beta \\y_1 &= y + l_1 \sin \gamma \\y_2 &= y + l_2 \sin \varphi \\z_1 &= z + l_1 \cos \alpha \\z_2 &= z + l_2 \cos \beta\end{aligned}$$

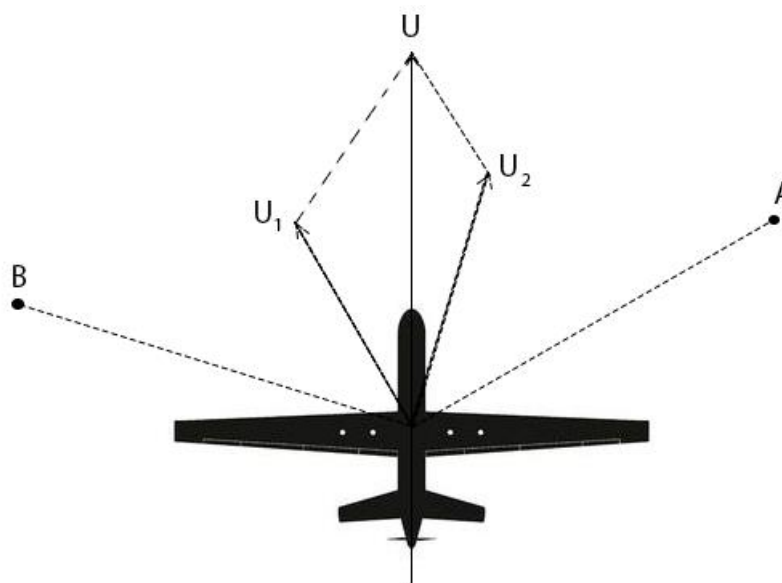
Где  $(x_1; y_1; z_1)$  и  $(x_2; y_2; z_2)$  координаты точек А и В соответственно.

Углами  $\alpha$  и  $\beta$  показаны азимуты расположения точек А и В относительно ЛА. А углы  $\gamma$  и  $\varphi$  обозначают вертикальное отклонение точек А и В от плоскости горизонтального полета ЛА на данной высоте.

В случае потери управления последнее положение точек А и В принимается за константу и используется для ориентирования при дальнейшем полете. Дальнейшее положение ЛА определяется следующей формулой.

$$\begin{cases} x = (l_1 \sin \alpha - x_1) \vee (l_2 \sin \beta - x_2) \\ y = (l_1 \sin \gamma - y_1) \vee (l_2 \sin \varphi - y_2) \\ z = (l_1 \cos \alpha - z_1) \vee (l_2 \cos \beta - z_2) \end{cases}$$

Определение скорости происходит опять же, из положение летального аппарата относительно неподвижных объектов. Точнее от быстроты изменения положения ЛА. Происходить это следующим образом. На рисунке 2 показано положение ЛА относительно точек А и В и тангенсальная скорость летального аппарата относительно точек А и В.



**Рисунок 2.** Положение ЛА относительно точек А и В

Векторами  $U_1$  и  $U_2$  обозначены тангенсальные скорости летального аппарата относительно точек А и В соответственно. Полная скорость летального аппарата определяется как векторная сумма скоростей  $U_1$  и  $U_2$ .

Но тангенсальные скорости могут иметь вертикальную и горизонтальную составляющие. В этом случае горизонтальная скорость летального аппарата определяется как векторная сумма горизонтальных составляющих скоростей  $U_1$  и  $U_2$  а вертикальная скорость ЛА – как векторная сумма вертикальных составляющих скоростей  $U_1$  и  $U_2$ .

$$\begin{cases} \vec{U}_x = \vec{U}_{1x} + \vec{U}_{2x} \\ \vec{U}_y = \vec{U}_{1y} + \vec{U}_{2y} \end{cases}$$

Тангенсальные скорости летального аппарата относительно неподвижных точек А и В определяются следующим образом. Углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\varphi$  изменяются со временем. Быстрота изменения этих углов служить для определения угловой скорости точек А и В относительно летательном аппарате.

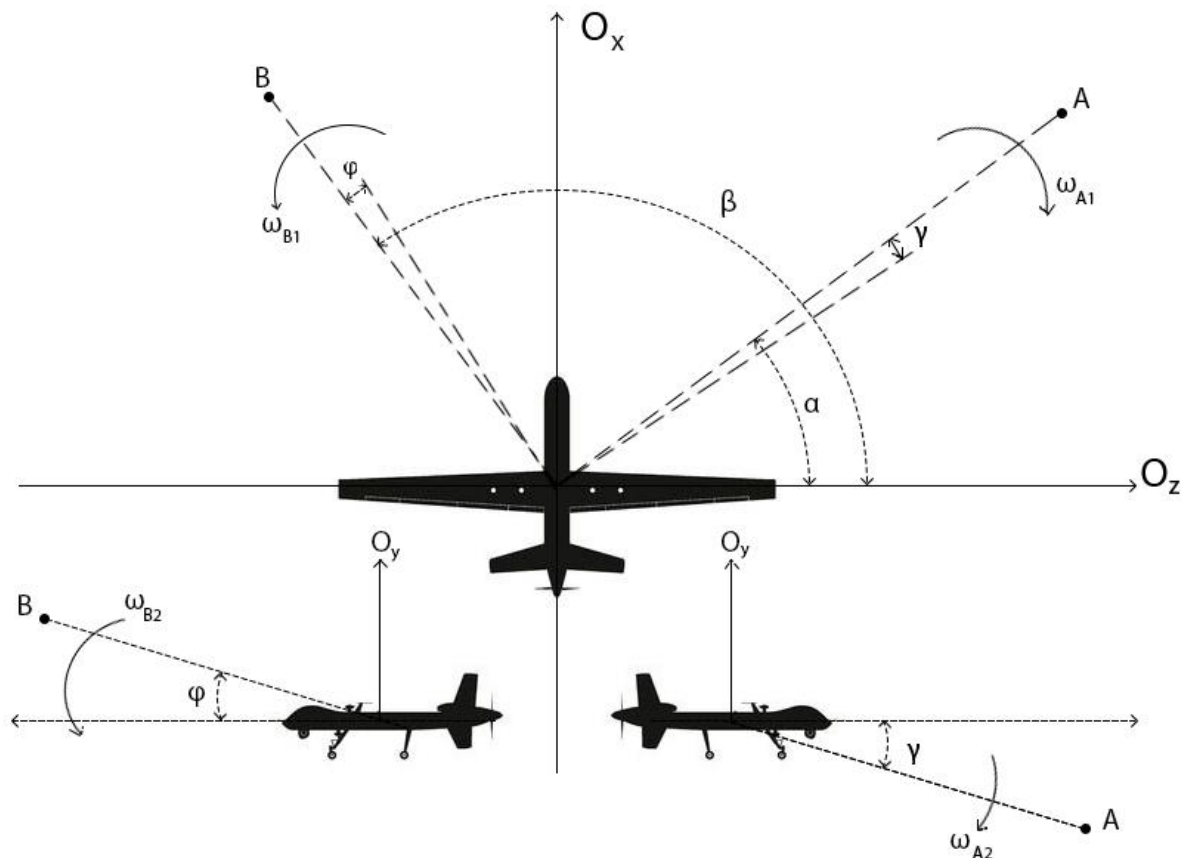
$$\omega_{A1} = \frac{\alpha_t - \alpha_{t+\Delta t}}{\Delta t}$$

$$\omega_{B1} = \frac{\beta_{t+\Delta t} - \beta_t}{\Delta t}$$

$$\omega_{A2} = \frac{\gamma_t - \gamma_{t+\Delta t}}{\Delta t}$$

$$\omega_{B2} = \frac{\varphi_t - \varphi_{t+\Delta t}}{\Delta t}$$

Где  $\omega_{A1}$ , и  $\omega_{B1}$  - горизонтальные составляющие угловых скоростей точек А и В относительно летательного аппарата  $\omega_{A2}$  и  $\omega_{B2}$  - вертикальные составляющие угловых скоростей точек А и В относительно летательного аппарата.



**Рисунок 3.** Угловая скорость точек А и В

Линейные скорости определяются как произведение угловых скоростей на расстояние до точек А и В от летательного аппарата. Горизонтальная и вертикальная [7] скорости летательного аппарата определяются по следующим формулам.

$$\begin{cases} U_{1x} = \omega_{A1} \times l_1 \\ U_{2x} = \omega_{B1} \times l_2 \\ \vec{U}_x = \vec{U}_{1x} + \vec{U}_{2x} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_{1y} = \omega_{A2} \times l_1 \\ U_{2y} = \omega_{B2} \times l_2 \\ \vec{U}_y = \vec{U}_{1y} + \vec{U}_{2y} \end{cases}$$

Во время полета ИИИ использует две точки как ориентир и еще две точки как дублирующие ориентиры, при выходе основных ориентиров из поля зрения, дублирующие становятся основными и назначаются новые дублирующие ориентиры.

**Заключение.** Исследована работа беспилотных летательных аппарат. А также рассмотрена связь с тем, что беспилотные летательные аппараты используются в условиях близких к экстремальным, является актуальным вопрос о разработке автономной системы управления беспилотным летательным аппаратом в экстремальных условиях. Рассмотрена проблема управления летательным аппаратом в экстремальных условиях заключается в том, что в таких условиях у оператора нет возможности управлять БЛА, а у БЛА нет возможности определять скорость, направление и положение по спутниковым системам.

### Список литературы

1. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: монография. – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования» (Серия «Современная прикладная математика и информатика»). – 2013,[1, с.]
2. К. Е. Шилов «Разработка системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного типа», Журнал, Труды МФТИ. — Том 6, № 4/ — Москва 2014-[2, с.]
3. А. П. Карпенко «Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой» учебное пособие /— Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014- [3, с.]
4. Victor M. Becerra «Autonomous Control of Unmanned Aerial Vehicles» School of Energy and Electronic Engineering, University of Portsmouth, 22 April 2019 [4, с.2]
5. В. В. Григорьев, Д. В. Козис, А. Н. Коровьяков, Ю. В. Литвинов «Принципы построения пилотажно-навигационных комплексов на основе интегрированной модульной авионики» Журнал Приборостроение. —Том 52, № 11/— Санкт-Петербург: Изв. Вузов. Приборостроение, 2009. —[5, 9с]
6. С. В. Богословский, А. Д. Дорофеев «Динамика полета летательных аппаратов» Учебное пособие, 2002-[6]
7. В. В. Григорьев, А. Б. Бушуев, А. Н. Коровьяков, Ю. В. Литвинов «Анализ влияния ветровых возмущений на систему стабилизации курса летательных аппаратов» // Изв. Вузов. Приборостроение. - Том 56. - № 4. – 2013 [7].

### References

1. Moiseev V.S. Prikladnaya teoriya upravleniya bespilotnymi letatelnyimi apparatami: monografiya. – Kazan: GBÚ «Respublikanskii tsentr monitoringa kachestva obrazovaniya» (Seriya «Sovremennaya prikladnaya matematika i informatika»). – 2013,[1, s.]
2. K. E. Shilov «Razrabotka sistemy avtomaticheskogo upravleniya bespilotnym letatelnyim apparatom múltirotornogo tipa», Jýrnal, Trýdy MFTI. — Tom 6, № 4/ — Moskva 2014-[2, s.]
3. A. P. Karpenko «Sovremennye algoritmy poiskovoi optimizatsii. Algoritmy, vdohnovlennye prirodou» ýchebnoe posobie /— Moskva: Izdatelstvo MGTÝ im. N. E. Baýmana, 2014- [3, s.]
4. Victor M. Becerra «Autonomous Control of Unmanned Aerial Vehicles» School of Energy and Electronic Engineering, University of Portsmouth, 22 April 2019 [4, s.2]
5. V. V. Grigorev, D. V. Kozis, A. N. Koroviakov, Iý. V. Litvinov «Printsipy postroeniya pilotajno-navigatsionnyh kompleksov na osnove integrirovannoi modýlnoi avioniki» Jýrnal Priborostroenie. —Tom 52, № 11/— Sankt-Peterbýrg: Izv. Výzov. Priborostroenie, 2009. [5, 9s]
6. S. V. Bogoslovskii, A. D. Dorofeev «Dinamika poleta letatelnyh apparatov» Ýchebnoe posobie, 2002-[6]