

МОДЕЛИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ РАЗПРЕДЕЛЕНИЕТО НА ВНИМАНИЕТО НА ОПЕРАТОРА ПРИ УПРАВЛЕНИЕ НА НАДЪЛЪЖНОТО ДВИЖЕНИЕ НА БЕЗПИЛОТЕН ЛЕТАТЕЛЕН АПАРАТ

Петър Гецов

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: getsovp@space.bas.bg*

Ключови думи: *Безпилотни летателни апарати, моделиране, контур на управление, разпределение на зрителното внимание, стабилизация на тангажа и височината*

Резюме: *В доклада са изследвани преходните процеси в системата „Оператор – Безпилотен летателен апарат“ при външни смущаващи въздействия. Разработен е модел на системата в среда „MATLAB Simulink“ с отчитане разпределението на зрителното внимание на Оператора. Определена е зоната на параметрите на предавателните функции в зависимост от превключването на вниманието.*

MODELING AND INVESTIGATING THE ALLOCATION OF OPERATOR'S ATTENTION WHEN CONTROLLING THE LONGITUDINAL MOTION OF AN UNMANNED AIRCRAFT

Peter Getsov

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: getsovp@space.bas.bg*

Keywords: *Unmanned aerial vehicles, modeling, control loop, visual attention distribution, pitch and altitude stabilization*

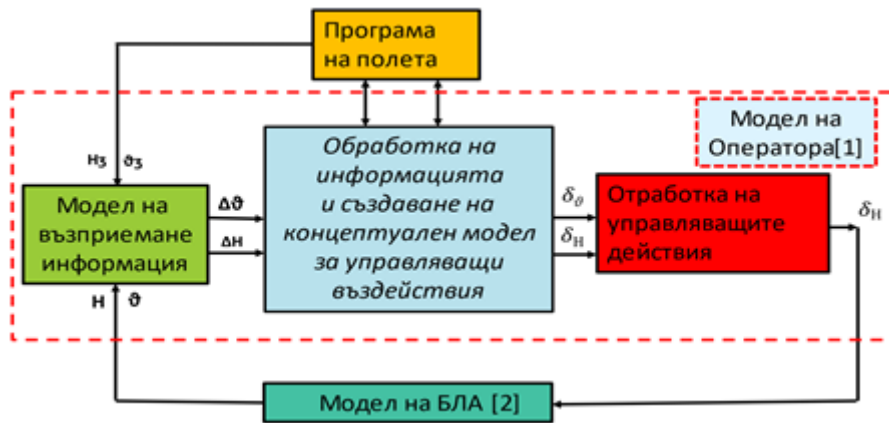
Abstract: *The report examines the transient processes in the "Operator – Unmanned Aerial Vehicle" system under external disturbing effects. A model of the system was developed in the "MATLAB Simulink" environment, taking into account the distribution of the visual attention of the Operator. The parameter area of the transfer functions depending on the switching of attention is defined.*

Въведение

В последните години безпилотните летателни апарати (БЛА) намират все по широко приложение, както във военното дело, така и за изпълнение на граждански задачи в различни области на стопанските дейности което изисква системен анализ и синтез при тяхното конструиране и експлоатация. Поради тази причина, съществува все по-голяма необходимост и актуалност от изследвания на системата „Оператор – Безпилотен летателен апарат“.

Изследване на системата „Оператор – Безпилотен летателен апарат“

Изследването на системата „Оператор – БЛА“ може да се осъществи чрез моделиране и аналитично изследване на контура на управление на Оператора на БЛА, състоящо се от три звена (блока) [3] и използване на предавателните функции на БЛА получени от линеаризираната система уравнения описващи аеродинамиката на БЛА (Фиг. 1).



Фиг. 1. Блок-схема при изследване на системата „Оператор – БЛА“

Използвайки предавателна функция на Диамантидис [1, 2]:

$$(1) \quad W_{оп}(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) = k_{оп} e^{-n\tau p} \frac{T_1 p + 1}{(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}$$

където: $W_1(p) = e^{-n\tau p}$;

$$W_2(p) = k_{оп} \frac{T_1 p + 1}{T_2 p + 1}$$

$$W_3(p) = \frac{1}{T_3 p + 1}$$

n - количество параметри, контролирани от оператора;

τ - закъснение при получаване на информация само по един параметър;

$k_{оп}$ - коефициент на усилване (предавателен коефициент) на оператора.

Блокът на закъснението $W_1(p) = e^{-n\tau p}$ се характеризира от времето $\tau(s)$: за възбуждане на рецепторите, преминаване на сигнала на възбуждане до нервната система, интерпретация на получената информация.

Вторият блок $W_2(p) = k_{оп} \frac{T_1 p + 1}{T_2 p + 1}$ е корекционен, т.е. той отразява способността на човек да се самонастройва и приспособява към динамичните характеристики на останалите звена от контура и към спектралните характеристики на входния сигнал. Настройката се извършва чрез изменението на $k_{оп}$, T_1 и T_2 .

Третият блок (нервно-мускулен) $W_3(p) = \frac{1}{T_3 p + 1}$ отразява закъснението между постъпването на командата в нервно-мускулната система и мускулното въздействие върху лоста за управление.



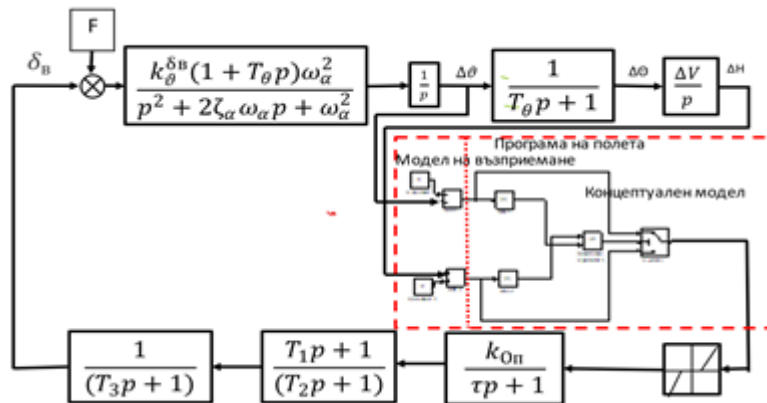
Фиг. 2. Структурна схема за контура на управление в надлъжния канал

Контурът за стабилизация на височината на БЛА се описва със следната система линейни уравнения [4]:

$$(2) \begin{cases} p\Delta\theta(p) + a_{\alpha}^{\alpha}\Delta\alpha(p) = 0; \\ (p^2 + a_{mz}^{\omega z}) + a_{mz}^{\alpha}\Delta\alpha(p) = a_{mz}^{\delta_B}; \\ \Delta\vartheta(p) = \Delta\theta(p) + \Delta\alpha(p); \\ \Delta\vartheta = -W_{\vartheta}^B \delta_B; \\ \delta_B = \frac{k_{\vartheta}^{\delta_B}(1+T_{\vartheta}p)\omega_{\alpha}^2}{p^2 + 2\zeta_{\alpha}\omega_{\alpha}p + \omega_{\alpha}^2} \Delta\vartheta; \\ \Delta\theta = \frac{1}{T_{\theta}p + 1} \Delta\vartheta; \\ \Delta H = \frac{\Delta V}{p}, \end{cases}$$

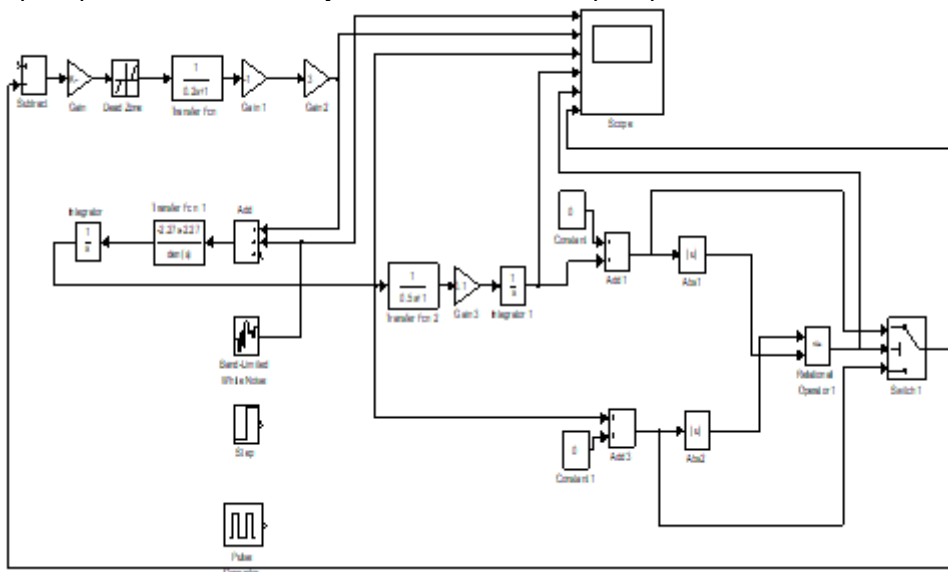
където: θ - наклон на траекторията на полета;
 ϑ - ъгъл на тангажа;
 H - височина;
 α - ъгъл на атака;
 δ_B - кормило за височина;
 a - аеродинамичен коефициент.

На Фиг. 2 е представена структурна схема, в която са използвани предавателните функции (1) и (2) и на разработения модел на превключване на вниманието на надлъжния канал при управление в режим на хоризонтален полет при външни смущаващи въздействия (Фиг. 3).



Фиг. 3. Структурна схема за контура на управление в режим на хоризонтален полет при външни смущаващи въздействия

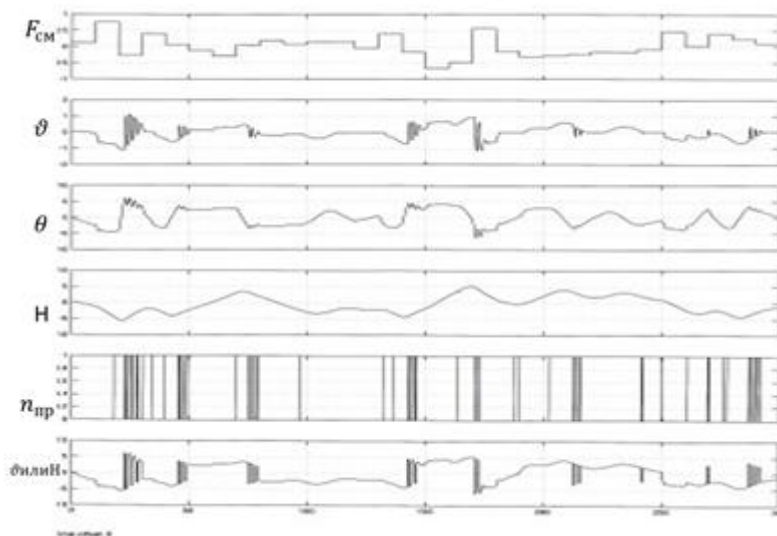
Като параметър за управление в надлъжния канал се използва разсъгласуването на зададените и текущите параметри на височината и тангажа в зависимост от доминиращия параметър, определен от концептуалния модел на Оператора.



Фиг. 4. Структурна схема на системата „Оператор – БЛА“ с отчитане на разпределение на вниманието

За изследване на системата „Оператор-БЛА“, с отчитане на разпределението на вниманието, е разработен модел в среда на системата MATLAB Simulink (Фиг. 4).

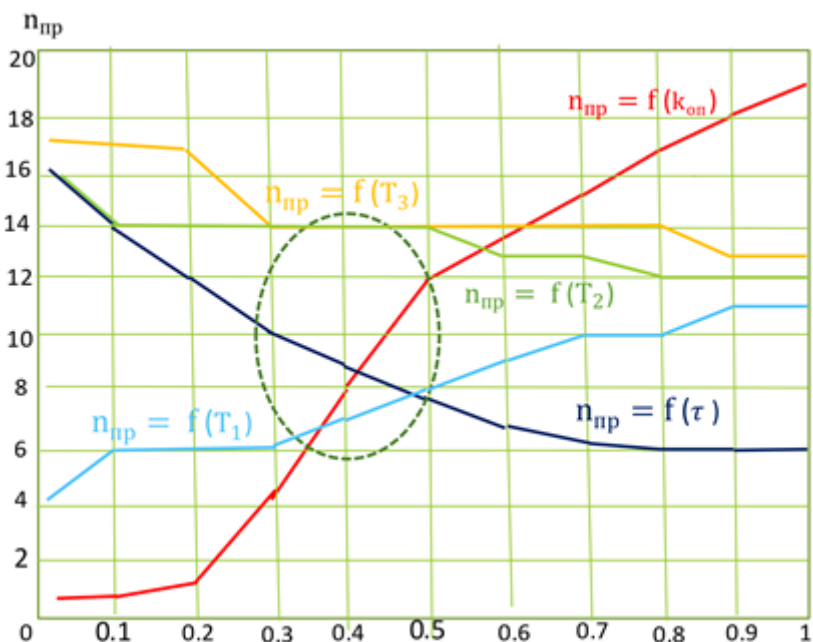
Предложеният модел позволява изследването на преходните процеси при външни смущаващи въздействия (единичен степенчат сигнал; случаен степенчат сигнал с разпределение на бял шум; периодично степенчато въздействие) (Фиг. 5).



Фиг. 5. Схема на изследване на преходни процеси при външни смущаващи въздействия

От експерименти е установено, че съществува възможност да се определят зоните на разпределението на вниманието между авиохоризонта (ϑ) и висотомера (H).

На Фиг. 6. е показана зависимостта на броя на превключванията от параметрите на предавателната функция на Оператора. Разпределение на вниманието $n_{PP} = f(k_{on}, \tau, T_1, T_2, T_3)$.



Фиг. 6. Схема на зависимостите на броя на превключванията от параметрите на предавателната функция на Оператора

Изводи:

1. Разработеният линеен модел на надлъжния канал на системата „Оператор-БЛА“ в среда MATLAB-Simulink дава възможност да се изследват преходните процеси при външни смущаващи и управляващи въздействия.

2. На базата на разработения модел са определени оптималните параметри на разпределението на зрителното внимание между авиохоризонта и висотомера при хоризонтален полет в зависимост от подготвеността и индивидуалните качества на Оператора.

3. Предложеният концептуален модел за определяне на разсъгласуването на управляваните параметри, обработката на информацията и изпълнението на управляващи въздействия може да бъде използван, като елемент на изкуствен интелект при автоматичното управление на БЛА.

Благодарности: Настоящият доклад е изготвен в рамките на проект по т.1.1.6 от Национална научна програма „Сигурност и отбрана“ (приета с ПМС № 731 от 21.10.2021 г.) и съгласно Споразумение № Д01-74/19.05.2022 г. между МОН и Институт по отбрана „Професор Цветан Лазаров“.

Литература:

1. Доброленский, Ю. П., Н. Д. Завялова, В. А. Пономаренко, В. А. Туваев, Методы инженерно-психологических исследований в авиации, изд. "Машиностроение", Москва, 1975.
2. Йорданов, Д., П. Гецов, Ст. Гецов, Моделиране и изследване на системата „Пилот-Самолет“, AVTOPRINT-Пловдив, 2019.
3. Кашковский, В. В., И. И. Тихий, Ю. Шишкин, Идентификация параметров динамической модели летчика по данным бортового устройства регистрации, Вестник Томского Государственного университета, 2004.
4. Красовский, А., Системы управление полетом пилотируемых летательных аппаратов, Издание ВВИА "Н. Е.Жуковского", 1971.