

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ FMS****Удовиченко Владислав Михайлович**

студент, Белгородский государственный технологический университет, РФ, г. Белгород

Погорелов Алексей Владимирович

научный руководитель, старший преподаватель, Белгородский государственный технологический университет, РФ, г. Белгород

Целью научной работы является разработка алгоритма работы программно логического контроллера в системе автоматического управления полетом, установка взаимосвязей между качеством полета воздушного судна и отлаженной работой командоаппаратов в системе управления.

Система управления полетом (FMS) представляет собой бортовой электронный комплекс [1], состоящий из модулей системного управления, корректировки, программно-логического и радио-навигационного управления. Модуль программно-логического управления осуществляет автоматическое преобразование сигналов и создает оптимальные варианты корректировки сигнала. Основным элементом этого блока являются программно-логический контроллер (ПЛК) Миландр K1986BE92QI.

Периферия микроконтроллера включает контроллер USB интерфейса, интерфейсы UART, SPI и I2C, контроллер внешней системной шины, что позволяет работать с внешними микросхемами статического ОЗУ и ПЗУ, NAND Flash-памятью и другими внешними устройствами, он содержит различные таймеры, блоки АЦП и ЦАП, компаратор с тремя входами и внутренней шкалой напряжений.[2].

Работа системы контроля параметров оптимизации скорости полета основана на пропорциональном законе управления, которому присуще пропорциональная связь между управляющим воздействием и сигналом ошибки, что выражается формулой 3.

$$r(t) = k\varepsilon(t) \quad (3)$$

Принцип программного управления заключается в оценке сигналов поступающих на вход программно-исполнительного элемента в последующим их сравнении с расчетными значениями и формировании выходного контрольного сигнала. Исходя из законов механики программа рассчитывает оптимальные параметры полета воздушного судна и формирует выходной контрольный сигнал, который может принимать два значения: 0 и 1.

На вход контроллера скорости поступает информация с датчика скорости, далее происходит расчет фактического времени полета до пункта прибытия согласно данных фактической и собственной скорости полета воздушного судна, затем оценивается ошибка по времени. После

этого выполняется алгоритм, если ошибка $\Delta t < 5\%$, выходной контрольный сигнал принимает значение 1, в противном случае 0. Так если управляющая переменная равна 1 то полет проходит в штатном режиме, в обратном случае необходимо корректировать скорость полета под указанные значения путем математического анализа полученной ошибки

времени. Оптимизация параметров полета происходит согласно алгоритму, представленному на рисунке 3.



Рисунок 3. Алгоритм оптимизации скорости полета

ПЛК системы траекторного управления (СТУ) отвечает за компенсацию искажения траектории. Принцип работы СТУ основан на интегральном законе управления, при котором управляющее воздействие на объект управления представляет собой интеграл от ошибки рассогласования и выражается уравнением 4 [4, с.31].

$$r(t) = \int_0^t \varepsilon(t) dt \quad (4)$$

На вход центрального процессора поступают сигналы с выхода индикаторов параметра скорости ветра, фактической скорости полета и дистанции авиарейса. Далее происходит расчет смещения самолета в аэродинамических плоскостях согласно выражению 5 и формируется контрольный сигнал.

(5)

$$\arccos(\cos(\alpha)) = -\frac{v_1^2 - v^2 - v_f^2}{2 \cdot v_f \cdot v}$$

Алгоритм работы системы траекторного управления представлен на рисунке 6.

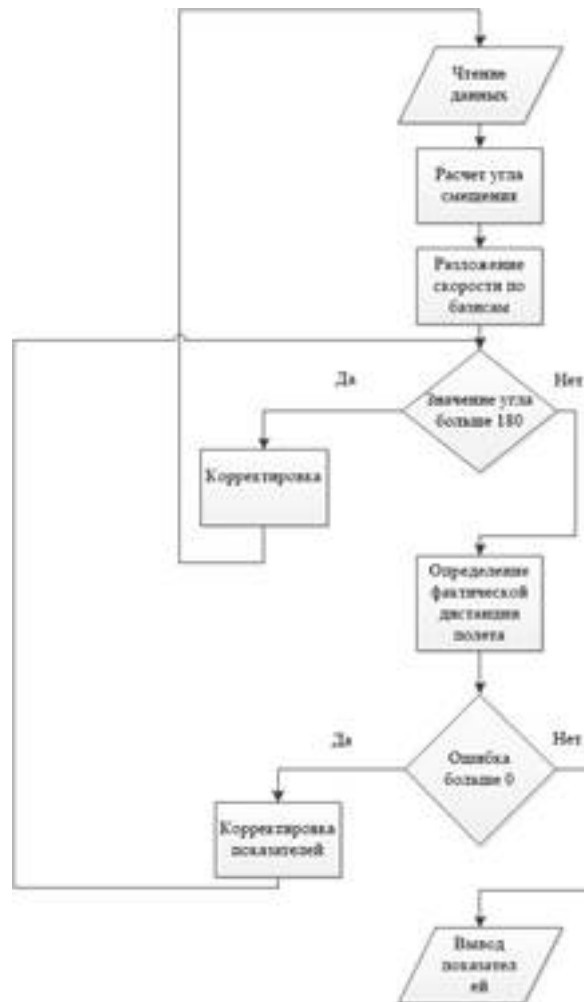


Рисунок 6. Алгоритм работы системы траекторного управления

Рассмотрим систему управления силовыми показателями двигателей авиалайнера. Её программное обеспечение аналогично рассмотренным ранее, на вход системы поступают значения параметров тяги, собственной скорости полета и расчетного времени авиарейса, далее в программе определяется момент двигателя, его угловая скорость и частота вращения согласно выражений 8-10.

$$M = F \cdot d \quad (8)$$

$$\omega_H = \frac{N}{M} \quad (9)$$

$$n_H = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} \quad (10)$$

Условием формирования положительного контрольного сигнала является принадлежность показателя разности фактической и расчетной частоты вращения турбины условию

$$\frac{|n_H - n_f|}{n_H} \leq 10\% \cdot n_H$$

. Алгоритм работы программы представлен на рисунке 7.

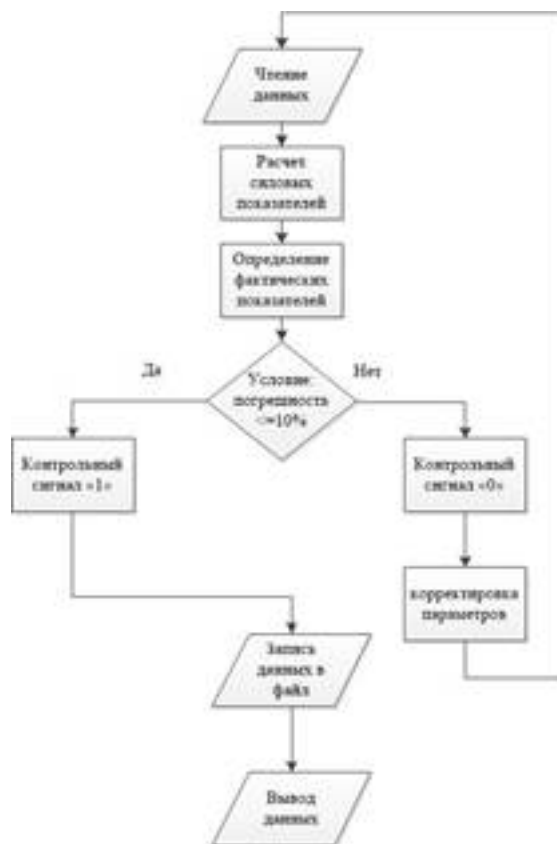


Рисунок 7. Алгоритм работы программы для корректировки показателей двигателя

Результат работы программы программно-логического модуля системы управления представлен на рисунке 8.

```

t = 1
speed: 850
wind parameter direction angle, °
45
wind parameter speed , km/h
55
flight distance, km
9500
fisical speed, km/h999.850
engine power, N
280000
Flight time, hour
9.5
flight control speed 700km/h
control speed Q signal: 0
movement displacement angle 0.05002 °
vx = 990.007i   vy = 140.007j
south 1343.5 km
control angle Q1 signal: 0
flight d, nm
295
parameter flight control speed
700
engine pdrdmetr:
A= 3.96667e+07 N= 4.17544e+06 M= 336000 n = 110.668
nf= 97.7268   m= 12.4269   nf= 97.7268
control g_power: 0

```

Рисунок 8. Результат работы программы ПЛК системы управления полетом FMS

Подводя итог, следует сказать, что автоматизированная настройка показателей полета авиалайнера является необходимым условием для безопасной эксплуатации воздушных судов, нами были представлены хорошие разработки алгоритма программного кода для автоматического управления полетом авиалайнера, который может найти свое применение в электронном устройстве авиалайнера. Полет является более безопасным и стабильным, если в системе автоматического управления своевременно происходит компенсация ошибок, чем слаженнее работают командоаппараты систем управления полетом, тем стабильней будет поведение воздушного судна в воздухе.

Список литературы:

1. Официальный интернет-сайт авиационной библиотеки «Skybrary» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://skybrary.aero/articles/flight-management-system> (дата обращения: 04.01.2023)
2. Официальный сайт компании производителя интегральных микросхем «Миландр» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ic.milandr.ru/products/mikrokontrollery_i_protssory/protssory_tsos/k1967vn04bg/ (дата обращения: 05.01.2023)
3. Обучающий интернет-сайт «Элементы: теоретические основы полета летательных аппаратов» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elementy.ru/posters/aviation/heavy/planes/theory/> (дата обращения: 12.01.2022)
4. Рубанов, В.Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем): учеб. пособие/ В.Г. Рубанов. – Ч.1. –2-е изд., стер. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. –199 с.

