

*А.В. Скрипец, канд. техн. наук, проф.,
В.Д. Тронько, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Ю.В. Грищенко, канд. техн. наук, доц., Е.В. Кожожина, ас.
(Национальный авиационный университет, Украина, г. Киев)*

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ВОЗДУШНОГО СУДНА С УЧЕТОМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ И КОНТУРОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Рассмотрен расчет вероятности безотказной работы эратической системы воздушное судно и пилот на примере канала управления полетом. Оценка вероятности безотказной работы приведена с учетом информационных ошибок и обратной связи.

Вступление. Обычно функциональную схему канала управления полётом представляют в виде схемы, представленной на рис. 1.

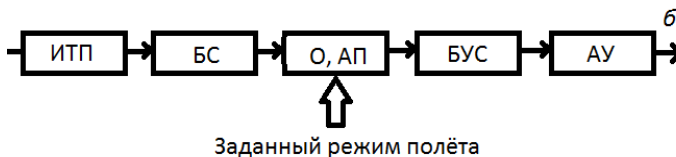


Рис. 1. Функциональная схема канала управления полетом: ИТП – измеритель траекторных параметров; БС – блок связи; О, АП – соответственно оператор, автопилот; БУС – блок управления сервоприводом; АУ – агрегат управления; б – сигналы управления параметрами траектории движения

На этой схеме отсутствует блок сравнения и канал связи между заданным режимом полёта и реальным, которые должны быть связаны системой обратной связи [1-6].

При движении воздушного судна оператор является связующим звеном между заданной и реальной траекториями полёта. При движении реального объекта связь между заданной и реальной траекторией движения всегда существует. Ослабление обратной связи связано с усилением динамического стереотипа при возникновении факторных накладок.

Функционию оператора сводятся к сравнению параметров полёта от внешнего источника информации (например, карты, информации, полученной от оператора УВД, визуальная информация) с реальными параметрами курса движения, а затем корректированию и управлению траекторией полёта.

Подчеркнём, что функциональная схема движения реального объекта, перемещающегося в пространстве самостоятельно, не отличается от схемы, представленной на рис. 1. Обязательно существует обратная связь.

В памяти заложена информация о пути следования объекта. Эта информация сравнивается с реальным движением объекта (рис. 2).

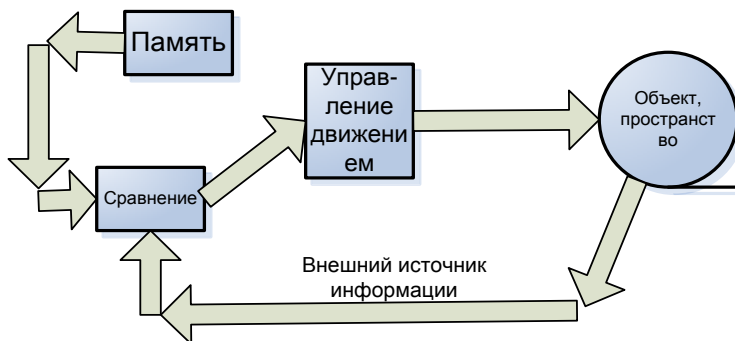


Рис.2. Функциональная схема внешнего проявления оператора при движении объекта

Детализируем функциональную схему, представленную на рис.1, по трём параметрам, определяющим курс самолёта и его положение в пространстве: азимут, высоту и скорость. На самом деле у этих параметров намного больше крен, тангаж и т.д.

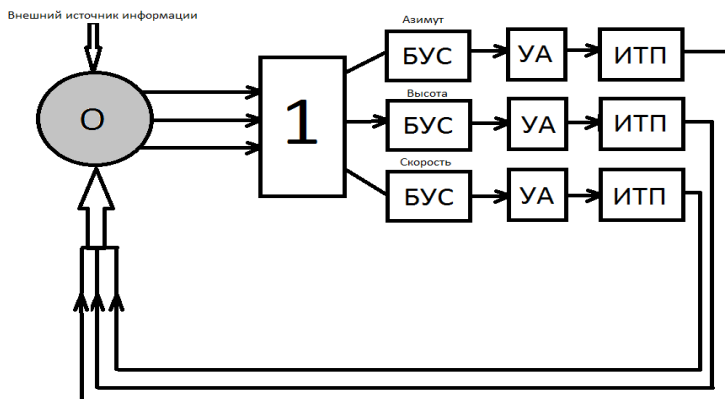


Рис.3. Структурно-логическая схема канала управления воздушным движением: 1 – пульт управления; БУС – блок усиления сервопривода соответственно по азимуту, высоте и скорости; УА – управляющие агрегаты (азимут, высота, скорость); ИТП – измеритель траектории полёта (по конкретным параметрам)

Структурно-логическая схема, представленная на рис.3, не точна, так как измерители параметров полёта осуществляют свои функции, взаимодействуя с корпусом воздушного судна: азимут (компас, гироскоп), высота (оптический локатор, барометрический высотомер, радиовысотомер), скорость (СВС, вариометр).

Исходя из этого, следует создать уточнённую структурно-логическую схему канала управления воздушным полетом (Рис.1).

В структурно-логической схеме корпус воздушного судна должен быть представлен по двум причинам: вибрации в полёте; деформации корпуса и смещение датчиков. Данные явления приводят к ошибкам, то есть к уменьшению вероятности прохождения полезной информации, уменьшению показателя безотказности системы и вероятности безотказной работы.

Найдём математическое выражение функции связи системы от показателей безотказности её составляющих элементов.

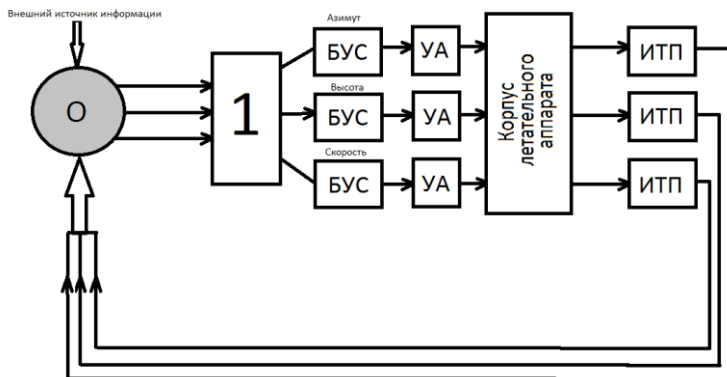


Рис.4. Детализированная структурно-логическая схема канала управления полетом

Функция связи структурно-логической схемы управления полётом по одному параметру. Обозначим R вероятность безотказной работы произвольного блока системы по какому-либо параметру, определяющего движение буквой i (1,2,3,... n), где n -количество измеряемых параметров (количество каналов).

Вероятность безотказной работы R — это вероятность того, что в пределах заданной наработки или заданного интервала времени отказ объекта не возникает.

Тогда, исходя из структурно-логической схемы канала управления полётом, представленной на рис.4, можно обозначить показатели вероятности безотказной работы по любому каналу, измеряющего тот или иной параметр.

I_0 – полное количество полезной информации

$R_i^{внеш}$ – вероятность безотказной работы измерения, объёма полезной внешней информации.

$R_i^{опер}$ – вероятность безотказной передачи внешней информации оператором летательному аппарату

$R_i^{БУС}$ – вероятность безотказной работы блока усиления сервоприводом

$R_i^{УА}$ – вероятность безотказной работы агрегата управления

$R_i^{корп}$ – вероятность безотказной работы корпуса корабля (для измерений)

$R_i^{изм}$ – вероятность безотказной работы измерительных приборов

R_{ci} – вероятность безотказной работы i -системы.

Тогда показатель безотказной работы (по i – параметру) канала связи равен:

$$R_{ci} = R_i^{изм} \cdot R_i^{корп} \cdot R_i^{УА} \cdot R_i^{БУС} \cdot R_i^{опер} \quad (1)$$

Информация, которую получает оператор от системы:

$$R_{ci} I_0 \quad (2)$$

Информация, которую оператор получает от внешнего источника, равна I_0

Необходимо, чтобы информация, которую оператор получает от системы, была как угодно близка к информации, получаемой от внешнего источника.

Следовательно, сигнал управления δ равен:

$$R_i^{внеш} \cdot I_0 - R_i^{изм} \cdot R_i^{копн} \cdot R_i^{VA} \cdot R_i^{BVC} \cdot R_i^{опер} (R_i^{внеш} \cdot I_0) = S_i, \quad (3)$$

где: δ – величина потерянной информации, она всегда положительная по величине и используется для управления i -ым параметром самолёта ($\delta = \Delta I_0 = I_0 - R_{ci} I_0$ при $R_i^{внеш} = 1$).

В идеальном случае $\delta_i = 0$ или близка к нулю, δ – используется как сигнал управления для компенсации потерянной информации в системе обратной связи, как живых организмов, так и различных технических систем.

Проанализируем выражения (3) в режиме стабильного полёта. Будем считать, что показатели безотказного съёма информации и передачи внешней информации оператором летательному аппарату равны единице. В этом случае выражение (3) упростится

$$1 - R_i^{изм} \cdot R_i^{копн} \cdot R_i^{VA} \cdot R_i^{BVC} = \frac{S_i}{I_0}. \quad (4)$$

В этом случае, то есть в режиме стабильного полёта вероятность безотказной работы i -й системы определяется только техническими параметрами воздушного судна. Будем считать, что вероятность ошибочного решения оператора равна нулю, так как в спокойной обстановке достаточно времени, чтобы оценить ситуацию.

$$R'_{ci} = R_i^{изм} \cdot R_i^{копн} \cdot R_i^{VA} \cdot R_i^{BVC} \quad (5)$$

Из (4), (5) определяем связь между точностью (или погрешностью) полёта по i – параметру определяющему курс воздушного судна и показателем безотказной работы системы

$$R'_{ci} = 1 - \frac{S_i}{I_0} \quad (6)$$

Когда оператор невнимателен, то $R_i^{опер} < 1$; $R_i^{внеш} < 1$. Следовательно, при расчетах необходимо учитывать влияние человеческого фактора

$$R'_{ci} = \left(1 - \frac{S_i}{I_0 R_i^{внеш}} \right) \frac{1}{R_i^{опер}} \quad (7)$$

Используя формулу (7) и зная уровень готовности оператора можно определить какая минимальная вероятность безотказной работы должен быть у технической системы по i – параметру. Из выражения (7) видно, что с уменьшением $R_i^{опер}$ функция повышения качества работы должна повышаться. Однако с уменьшением $R_i^{внеш}$ функция может уменьшаться. Это связано, на первый взгляд, с тем, что вероятность безотказной работы

технической системы воздушного судна может быть не достаточно высокой, если повышается неопределённость в траектории полёта, курса воздушного судна. Но это нереальная ситуация, так как обычно оператор находится в спокойной обстановке, время поиска решения по i -параметру большое, $R_i^{внеш}$ большое и, следовательно, R_{ci}' стремится к единице.

Отношение $(I_0 - \Delta I_{i0})/I_0$ является вероятностью точного определения количества информации, то есть является вероятностью безотказной работы.

Вывод

При расчете вероятности безотказной работы эргатической системы самолет и пилот следует учитывать влияние информационных факторов и внешних воздействий, а так же самого пилота как оператора системы. Влияние данных составляющих наиболее ощутимо в аварийных режимах работы.

Список литературы

1. Грищенко Ю.В. Явление усиления динамического стереотипа пилота при действии комплексных отказов / Ю.В. Грищенко // Эргономические вопросы безопасности полетов: Сб. науч. тр. – К.: КИИГА. 1987. - С. 87-91.
2. Грищенко Ю. В. Обоснование применения принципа инвариантности при анализе процессов в системах человек-машина неклассическими методами / Ю.В. Грищенко, А.В. Соломнцев // Кибернетика и вычислительная техника: Межведомственный сборник научных трудов. – К.: Вид. дім «Академперіодика» НАН України, 2009. – Вып. 156. – С. 71-76.
3. Е.В. Кожохина, В.М. Грибов, С.И. Рудас Структурная надежность оператора аэронавигационных систем // Матеріали ХІ міжнародної науково-технічної конференції „АВІА-2013”. – Т.2. –К.: НАУ, 2013. – С.8.37-8.40
4. Скрипеч А.В. Основи авіаційної інженерної психології: навч. посіб. – К.: НАУ, 2002. – 532 с.
5. Скрипеч А.В. Основи ергономіки: навч. посіб. – К.: НАУ, 2001. – 400 с.
6. Скрипеч А.В. Основи ергономіки: навч. посіб. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту „НАУ-друк”, 2009. – 272 с.