

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПИТАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2011 Н. А. Смурова

г. Санкт – Петербург

В статье приводятся определяющие и подприоритетные критерии, учитываемые при решении многокритериальной задачи оценки эффективности, характеризующей выполнение системой автоматического управления расходом топлива ряда приоритетных функций. Этими функциями определяется отключение автоматического расхода топлива по магистралям двигателей летательного аппарата, возможный слив топлива в дренажную систему объекта и обеспечение его поперечной центровки. Представление функции эффективности в виде функции двух переменных, характеризующих эффект применения системы управления по определяющему и одному из подприоритетных показателей, позволяет использовать метод пошаговой оценки эффективности.

Вектор видов отказов, вектор состояний системы, табличный метод оценки показателей надежности, метод пошаговой оценки эффективности, подприоритетный показатель оценки эффективности, вид отказа элементов системы, вид нарушения функционирования.

Система топливопитания газотурбинных двигателей обеспечивает выполнение следующих задач:

-подачи топлива на вход любого из двигателей с параметрами, необходимыми для их устойчивой работы, осуществляемой в соответствии с жестко установленной программой выработки;

-поддержания фактической продольной центровки летательного аппарата в заданных пределах, соответствующих плану и профилю полета.

Выполнение системой управления перечисленных задач предусматривает наложение перекачки балансирующего топлива на его расход. Необходимо определить уровень эффективности и оптимизировать достижение этого уровня системой при выполнении функции расхода топлива в условиях повышенной ответственности отказов. Необходимо провести оценку эффективности выполнения системой следующих задач:

-обеспечения поперечной центровки летательного аппарата как объекта с ограниченным запасом устойчивости и высокой цены отказа;

-отключения автоматического расхода топлива по любому из двигателей, их возможных сочетаний, по борту летательного аппарата и в целом по движущемуся объекту. Это требуется для определения эффективности системы перекрестного питания летательного аппарата, обеспечивающей перераспределение выработки топлива из баков отказавшего двигателя, осуществляемое

через исправные двигатели летательного аппарата;

-слива топлива в дренажную систему объекта в результате переполнения расходных секций любого двигателя.

При решении многокритериальной задачи оценки эффективности системы критерий оптимизации принимаемых конструктивных решений должен назначаться из условий максимизации (минимизации) целевой функции. При формировании критерия оптимизации предпочтение следует отдать определяющему для системы управления показателю, характеризующему выполнение каждой из перечисленных задач. Критерий, позволяющий количественно оценить эффективность системы, является наиболее рациональным. При определении эффективности системы перекрестного питания следует рассматривать следующие характеристики системы управления расходом топлива:

$$S = f(A_m, B, C, D, L, F, N), \quad (1)$$

где A_m - вероятность отключения автоматического расхода топлива по магистрали любого двигателя объекта ($m = 4$); B, C, D, L - вероятности отключения автоматического расхода топлива по магистралям двух любых двигателей разных бортов объекта; F - вероятность отключения автоматического расхода топлива по магистралям двигателей одного борта; N - вероятность отключения автоматического расхода топлива в целом по объекту. Критерий эффективности может быть представлен в виде:

$$E = \sum_{i=1}^k E_i (S_j), \quad (2)$$

где $E_i (S_j)$ - эффективность по i -тому параметру при j – той совокупности технических решений; k – число параметров. Оптимизация в плоскости десяти параметров невозможна без использования определенной методики. Критерий эффективности целесообразно представлять в виде функций двух переменных, характеризующих эффект применения системы управления по определяющему и одному из подприоритетных показателей. Это позволяет использовать метод пошаговой оценки эффективности принимаемых технических решений. Базисные показатели A_{m0} , B_0 , C_0 , D_0 , L_0 , F_0 , N_0 определяются требованиями безопасности и регулярности выполнения полетов. Если формирование сигналов отключения автоматического расхода топлива осуществляется по состоянию сигнализаторов уровня в расходных секциях любого из двигателей и предрасходной секции, то приоритетным показателем системы управления является отключение автоматического расхода топлива в целом по объекту с определенной вероятностью. Для прочих модификаций систем управления определяющим показателем может быть вероятность отключения автоматического расхода топлива по борту объекта, приводящего к изменению плана и профиля полета. Значения $E_i (S_j)$ принимают вид:

$$\left. \begin{aligned} E_1 (S_j) &= \left(1 - \frac{A_1}{A_{10}}\right) \left(1 - \frac{N}{N_0}\right) \\ E_2 (S_j) &= \left(1 - \frac{B}{B_0}\right) \left(1 - \frac{N}{N_0}\right) \\ E_3 (S_j) &= \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \left(1 - \frac{N}{N_0}\right) \\ &\dots\dots\dots \\ E_6 (S_j) &= \left(1 - \frac{F}{F_0}\right) \left(1 - \frac{N}{N_0}\right). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Процесс проектирования необходимо подчинить максимизации критерия эффективности E . При ℓ равнозначных приоритетных показателях осуществляется оптимизация функции:

$$E = \sum_{j=1}^k \sum_{\mu=1}^{\ell} \frac{E_{i\mu}}{\mu}. \quad (4)$$

При шаговом методе оценки технических решений каждому шагу соответствует одно из функциональных устройств системы управления, какими являются преобразователь сигналов управления, формирователь программы управления, формирователь сигналов управления, формирователь сигналов отказов, датчик – сигнализатор уровня топлива. Метод пошаговой оценки эффективности принимаемых технических решений предусматривает рассмотрение возможных конструктивных исполнений каждого из функциональных узлов. Рациональное распределение заданных ресурсов показателей эффективности составляет задачу оптимизации проектирования. Целевая функция характеризует оптимальную совокупность технических решений. При решении задачи, определяющей эффективность обеспечения поперечной центровки летательного аппарата как объекта с ограниченным запасом устойчивости, выбор приоритетного и подприоритетного показателей определяется совмещением или разделением функций расхода и перекачки балансировочного топлива, выполняемых системой управления. Разработка математической модели системы управления с совмещением указанных функций предусматривает рассмотрение альтернативного качественного признака неработоспособного состояния вида «наличие перекачки балансировочного топлива». Рассмотрение признака необходимо при анализе влияния любого вида отказа функционального устройства, принадлежащего каждому уровню системы, при любом режиме её использования. Следовательно, приоритетным показателем является вероятность зависания топлива в крыльевом баке, из которого организуется начало расхода топлива по борту объекта. Подприоритетными показателями могут быть: вероятность полузависания либо зависания топлива в каждом крыльевом или фюзеляжном баке любого борта объекта; вероятность зависания топлива в группе баков, принадлежащих магистрали одного двигателя. При решении задачи для топливной системы объекта любой конфигурации приоритетным показателем становится вероятность зависания топлива в группе крыльевых и фюзеляжных баков. В качестве подприоритетных показателей могут быть выбраны:

вероятность зависания либо полузависания топлива в баке топливной системы объекта, принадлежащем магистрали любого двигателя. При оценке эффективности слива топлива в дренажную систему объекта за подприоритетный показатель выбирается вероятность переполнения расходной секции любого двигателя, определяемая по состоянию сигнализаторов ограничения автоматической перекачки топлива (вероятность кратковременного отключения автоматического расхода топлива из группы баков магистрали любого двигателя). Выбор приоритетного показателя определяется конструктивным исполнением функциональных узлов последующих уровней, преобразующих сигналы от сигнализаторов ограничения перекачки. Приоритетными показателями могут быть: вероятность переполнения расходных секций двигателей одного борта при наличии отказа группы каналов функционального узла; вероятность переполнения расходных секций обоих бортов при отказе всех каналов функционального узла. Вероятности событий, рассматриваемых при оценке эффективности реализуемых системой управления функций, определяются в соответствии с методикой расширенного табличного метода. Анализ последствий отказов системы автоматического управления расходом топлива может выполняться по магистралям топливной системы объекта, состоящим из группы баков, из которых обеспечивается подача топлива в расходную секцию одного двигателя либо по бакам топливной системы. Подача топлива из баков топливной системы выполняется в расходные секции разных двигателей в соответствии с программой выработки, определяемой диаграммой расхода. Если формирование вектора видов нарушений функционирования системы осуществляется в результате оценки последствий отказов элементов, одновременно приводящих к изменению программы выработки по различным магистралям топливной системы, то последующее преобразование полученных булевых функций с целью создания нормальных форм существенно усложняется. Это обуславливается появлением операций конъюнкции и дизъюнкции функций расхода топлива по соответствующим магистралям то-

пливной системы и их возможных отрицаний, отнесенным к каждому виду отказа элемента функционального уровня. Поэтому анализ структуры разрабатываемой системы, выполняемый при оценке последствий отказов её элементов, по бакам топливной системы становится предпочтительным и сводится к преобразованию булевых функций, полученных в результате конъюнкции нарушаемых выходных характеристик, соответствующих каждому виду отказа элемента.

Оптимум целевой функции определяется рекуррентным соотношением:

$$E = \max \{ E_r(C_{kr}, N_{kr}) + E_{r-1} \left[\left(\sum_{i=1}^{r-1} C_{ki} - \tilde{C}_{kr} \right) \left(\sum_{i=1}^{r-1} N_{ki} - \tilde{N}_{kr} \right) \right] \}, \quad (5)$$

где r - число шагов, соответствующих числу функциональных устройств; C_{ki} , N_{ki} - заданные ресурсы; C_{kr} , N_{kr} - ресурсы, выделенные на каждый шаг; \tilde{C}_{kr} , \tilde{N}_{kr} - ресурсы, обеспечивающие максимум эффективности на предшествующих шагах проектирования. Текущие значения $C_{тек}$, $N_{тек}$, соответствующие допустимым техническим решениям, определяются по формуле:

$$E_i = \left(1 - \frac{C_{ij}}{C_0} \right) \left(1 - \frac{N_{ij}}{N_0} \right). \quad (6)$$

Дополнительный расход ресурсов, который может быть отнесен к $(i+1)$ шагу, обуславливается несовместимостью технических решений i -го и $(i+1)$ -го шага (по форме и уровню согласуемых параметров). Сочетание технических решений каждого из r возможных шагов, обеспечивающее максимальную эффективность, является оптимальным. С этой целью на каждом из r шагов выбирается из множества H_i технических решений $M_{ij} \in M_i$ такое техническое решение, которое максимально увеличивает критерий эффективности при заданных технических характеристиках системы управления:

$$\begin{aligned} \text{opt } E = & \max \sum_{\mu=1}^{\ell} \frac{E_{1\mu}(S_j)}{\mu} + \max \sum_{\mu=1}^{\ell} \frac{E_{2\mu}(S_j)}{\mu} + \dots \\ & \dots + \max \sum_{\mu=1}^{\ell} \frac{E_{r\mu}(S_j)}{\mu}. \quad (7) \end{aligned}$$

Продолжение табл.1

	A39	A40	A41	A42	A43	A44	A45	A46	A47	A48	
	Отказ левого (правого) борта										
	Отказ групп каналов преобразователей сигналов управления системы УР СУТ6: ПСУ1, ПСУ2, ПСУ4										
	ПСУ1-13	ПСУ2-13	ПСУ1-14	ПСУ2-14	ПСУ4-9	ПСУ4-10	ПСУ1-15	ПСУ2-15	ПСУ3-6	ПСУ4-11	
H _{A8}	P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21; (P3-1; Э18-1; P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21)	P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1; P3; Э18; Э15-1; Э16-1 (P3-1; P3-1; Э18-1; P18-1; Э17-1; Э15-1; Э16-1)	P16; P17; Э15; Э16; P3; Э18; (P3-1; Э18-1; P16; P17; Э15; Э16)	P16-1; P17-1; P3; Э18; Э15-1; Э16-1 (P3-1; P3-1; Э18-1; P16-1; P17-1; Э15-1; Э16-1)	P3 (P3-1) Э18 (Э18-1)	P3 (P3-1) Э18 (Э18-1)	P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21 (P3-1; Э18-1; P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21)	P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1; P3; Э18 (P18-1; P18; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1)	P3; P16; P17; P16-1; P17-1; Э18; Э19; Э15-1; Э16-1 (P3-1; P16-1; P17-1; Э18-1; Э19-1; Э15-1; Э16-1)	P3 (P3-1) Э18 (Э18-1)	
H _{A9}	P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21; (P6-1; P7-1; Э20-1; Э21-1; P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21)	P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1; P6; P7; Э20; Э21 (P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1)	P16; P6; P7; Э15; Э20; Э21; (P16; P17; P6-1; P7-1; Э15; Э16; Э20-1; Э21-1)	P16-1; P17-1; Э15-1; Э16-1; P6; P7; Э20; Э21 (P6-1; P7-1; P16-1; Э15-1; Э16-1; Э20-1; Э21-1)	P6 (P6-1) P7 (P7-1) Э20 (Э20-1) Э21 (Э21-1)	P6 (P6-1) P7 (P7-1) Э20 (Э20-1) Э21 (Э21-1)	P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21 (P6-1; P7-1; Э20-1; Э21-1; P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21)	P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1; P6; P7; Э20; Э21 (P18-1; Э17-1; P18; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1)	P6; P7; Э20; Э21; P16; Э15-1; Э16-1; P7-1; P16-1; P17; Э20-1; Э21-1; Э10; Э15; Э16; Э15-1;	P6 (P6-1) P7 (P7-1) Э20 (Э20-1) Э21 (Э21-1)	
H _{A10}	P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21; (P7-1; Э21-1; P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21)	P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1; P7; Э21 (P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1)	P16; P17; P7; Э15; Э16; (P16; P17; P17; P7-1; Э15; Э16; Э21-1)	P16-1; P17-1; Э15-1; Э16-1; P7; Э21 (P7-1; P16-1; P17-1; Э15-1; Э16-1)	P7 (P7-1) Э21 (Э21-1)	P7 (P7-1) Э21 (Э21-1)	P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21 (P7-1; Э21-1; P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21)	P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1; P7; Э21 (P18-1; Э17-1; P18; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1)	P7; P16; P17; P17-1; P16-1; Э10; Э21; Э15; Э15-1; Э16-1 (P7-1; P16-1; P17-1; Э10; Э21-1; Э15; Э15-1; Э16-1)	P7 (P7-1) Э21 (Э21-1)	
H _{A11}	P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21; (P5-1; P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21)	P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1; P5 (P18-1; Э17-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1)	P16; P17; P5; Э15; Э16; (P16; P17; P5-1; Э15; Э16)	P16-1; P17-1; Э15-1; Э16-1; P5 (P5-1; P16-1; P17-1; Э15-1; Э16-1)	P5 (P5-1)	P5 (P5-1)	P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21 (P5-1; P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21)	P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1; P5 (P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1)	P5; P16; P17; P17-1; P16-1; Э10; Э15; Э15-1; Э16-1 (P16-1; P17-1; P16-1; Э10; Э15-1; Э16-1; P16-1; P17-1; Э10; Э15; Э15-1; Э16-1)	P5 (P5-1)	
H _{A12}	P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21 (P6-1; Э20-1; P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21)	P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1; P6; Э20 (P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1)	P16; P17; P6; Э15; Э16; Э20; (P16; P17; P6-1; Э20-1; Э15; Э16)	P16-1; P17-1; Э15-1; Э16-1; P6; Э20 (P6-1; P16-1; P17-1; Э15-1; Э16-1)	P6 (P6-1) Э20 (Э20-1)	P6 (P6-1) Э20 (Э20-1)	P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21 (P6-1; Э20-1; P18; Э17; Э18; Э19; Э20; Э21)	P18-1; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1; P6; Э20 (P18-1; Э17-1; P18; Э17-1; Э18-1; Э19-1; Э20-1; Э21-1)	P6; P16; P17; P17-1; P16-1; Э10; Э20; Э15; Э15-1; Э16-1 (P6-1; Э10; Э20; Э15; Э15-1; Э16-1; P6-1; P16-1; P17-1; Э10; Э20-1; Э15; Э15-1; Э16-1)	P6 (P6-1) Э20 (Э20-1)	
H _{A13}	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) P8 (P8-1)	P16 (P16-1); P2 (P2-1); P3 (P3-1); P4 (P4-1); Э17 (Э17-1); Э18 (Э18-1); Э19 (Э19-1); Э15 (Э15-1)	P16 (P16-1) P3 (P3-1) P4 (P4-1) Э18 (Э18-1) Э19 (Э19-1) Э15 (Э15-1)	P16 (P16-1) P4 (P4-1) Э19 (Э19-1) Э15 (Э15-1)	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) *	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1)	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) P2 (P2-1) Э17 (Э17-1)	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) P2 (P2-1) Э17 (Э17-1)	P16 (P16-1); P7 (P7-1) Э20 (Э20-1); Э21 (Э21-1)	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) P6 (P6-1); Э21 (Э21-1)	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) P7 (P7-1) Э21 (Э21-1)
H _{A14}	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) P8 (P8-1)	P16 (P16-1); P2 (P2-1); P3 (P3-1); P4 (P4-1); Э17 (Э17-1); Э18 (Э18-1); Э19 (Э19-1); Э15 (Э15-1)	P16 (P16-1) P3 (P3-1) P4 (P4-1) Э18 (Э18-1) Э19 (Э19-1) Э15 (Э15-1)	P16 (P16-1) P4 (P4-1) Э19 (Э19-1) Э15 (Э15-1)	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) *	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1)	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) P2 (P2-1) Э17 (Э17-1)	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) P2 (P2-1) Э17 (Э17-1)	P16 (P16-1); P7 (P7-1) Э20 (Э20-1); Э21 (Э21-1)	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) P6 (P6-1); Э21 (Э21-1)	P16 (P16-1) Э15 (Э15-1) P7 (P7-1) Э21 (Э21-1)
H _{A15}	P8 (P8-1)	P2 (P2-1); P3 (P3-1); P4 (P4-1); Э17 (Э17-1); Э18 (Э18-1); Э19 (Э19-1)	P3 (P3-1) P4 (P4-1) Э18 (Э18-1) Э19 (Э19-1)	P4 (P4-1) Э19 (Э19-1)	P *	P1 (P1-1)	P2 (P2-1) Э17 (Э17-1)	P3 (P3-1) Э18 (Э18-1)	P6 (P6-1); P7 (P7-1); Э20 (Э20-1); Э21 (Э21-1)	P6 (P6-1); P7 (P7-1) Э21 (Э21-1)	P7 (P7-1) Э21 (Э21-1)
H _{A16}	P8 (P8-1)	P2 (P2-1); P3 (P3-1); P4 (P4-1); Э17 (Э17-1); Э18 (Э18-1); Э19 (Э19-1)	P3 (P3-1) P4 (P4-1) Э18 (Э18-1) Э19 (Э19-1)	P4 (P4-1) Э19 (Э19-1)	P *	P1 (P1-1)	P2 (P2-1) Э17 (Э17-1)	P3 (P3-1) Э18 (Э18-1)	P6 (P6-1); P7 (P7-1); Э20 (Э20-1); Э21 (Э21-1)	P6 (P6-1); P7 (P7-1) Э21 (Э21-1)	P7 (P7-1) Э21 (Э21-1)

Расширенный табличный метод заключается в целенаправленном переборе возможных несовместных состояний системы для выявления видов и причин нарушений выходных характеристик, а также в вычислении вероятностей этих нарушений. Вероятности данного вида нарушения выхода системы Y_V при значении входа X_u определяется из выражения:

$$P\left(\frac{Y_V}{X_u}\right) = \sum_{H_z/X_u \in M[Y_V]} P\left(\frac{H_z}{X_u}\right), \quad (8)$$

где $P\left(\frac{H_z}{X_u}\right)$ - условная вероятность возникновения состояния H_z при значении входа X_u ; $M[Y_V]$ - множество сочетаний значений H_z и X_u , приводящих к состоянию Y_V на выходе, причем суммирование величин $P\left(\frac{H_z}{X_u}\right)$ возможно вследствие несовместности состояний H_z . Безусловная вероятность $Q(Y_V)$ появления нарушения только определенного вида Y_V выхода системы определяется с учетом показателей безотказности взаимодействующих систем:

$$Q(Y_V) = \sum_{\{X_u\}} P\left(\frac{Y_V}{X_u}\right) P(X_u), \quad (9)$$

где $\{X_u\}$ - множество всех возможных состояний выхода системы. Величины $P(X_u)$ зависят от видов и вероятностей возникновения отказов других систем, воздействующих на данную систему. При рассмотрении нескольких вариантов взаимосвязи систем определяются показатели $P\left(\frac{Y_V}{X_u}\right)$ и $P(X_u)$, а выбор наилучшего из них осуществляется по значению показателя $Q(Y_V)$. Использование табличного метода позволяет осуществлять целенаправленный перебор состояний системы для обеспечения полноты и достоверности анализа при отсутствии каких – либо ограничений на структуру и способы соединения систем. При этом появляется возможность создания систем автоматизированного проектирования (САПР)

структур взаимосвязанных систем. С увеличением количества зависимых элементов при расчете безотказности целесообразно систему разделить на независимые части таким образом, чтобы отказы элементов одной части системы не изменяли интенсивность отказов нормально функционирующих элементов других частей системы. Фрагмент таблицы несовместных состояний системы управления расходом топлива летательного аппарата приводится в таблице 1.

В таблице приняты следующие обозначения:

P1 (P1-1) – полузависание топлива в баке 4 лев. (б.4 прав.) по магистрали 1 (4) двигателя; *P2 (P2-1)* - зависание топлива в баке 5 лев. (б.5 прав.) по магистрали 1 (4) двигателя; *P3 (P3-1)* – полузависание топлива в баке 7-1 (б.7-4) по магистрали 1 (4) двигателя; *P4 (P4-1)* – полузависание топлива в баке 6-1 (б.6-4) по магистрали 1 (4) двигателя; *P8 (P8-1)* – зависание балансировочного топлива в баке 4 лев. (б.4 прав.) по левому (правому) борту объекта; *P18 (P18-1)* - отсутствие автоматического расхода топлива по левому (правому) борту объекта; *P13 (P13-1)* – ложное кратковременное отключение автоматического расхода топлива по магистрали 1 (4) двигателя; *P2 ∩ P3 ∩ P4 (P2-1 ∩ P3-1 ∩ P4-1)* – отсутствие автоматического управления расходом топлива из группы баков / (б.5 лев. ∩ б.7-1 ∩ б.6-1); (б.5 прав. ∩ б.7-4 ∩ б.6-4)/ по магистрали 1 (4) двигателя; *P16 (P16-1)* – переполнение расходной секции 1 (4) двигателя.

Задача по оценке эффективности разрабатываемой системы управления формализуется и может быть решена с помощью ЭВМ.

Библиографический список

1. Глазунов, Л.П. Проектирование технических систем диагностирования [Текст] / Л.П. Глазунов, А.Н. Смирнов – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отд., 1982. - 168 с.
2. Смурова, Н.А. Анализ показателей безотказности комплекса КТЦ1-1 матричным (табличным) методом оценки количественных показателей надежности сложных систем [Текст] / Н.А. Смурова // Отчет по научно – исследовательской работе, Ч. 1, 1983. - 210 с.

3. Смурова, Н.А. Обеспечение заданной эффективности системы автоматического управления расходом топлива летательного аппарата [Текст] / Н.А. Смурова // Депони-

ровано в ВИНТИ РАН 09.01.2008. №2-В2008, - 101 с. Заявл. СПб ГЭТУ (ЛЭТИ) им. В.И. Ульянова (Ленина).

SUBSTANTIATION OF THE CRITERIA FOR EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE FUEL SUPPLY SYSTEM OF THE GAS TURBINE ENGINES

© 2011 N. A. Smurova

Saint – Petersburg

The article provides determinative and sub-priority criteria considered for solution of a multicriterion problem of the efficiency evaluation which characterizes implementation of a number of priority functions by the fuel flow automatic control system. These functions define switching of the automatic fuel flow in the fuel lines of the aircraft engines as well as possible fuel drain to the object drain system and its transverse centering. Presentation of the efficiency function as a function of two variables, which characterize the effect of the use of the control system regarding the determinative and one of the sub-priority indicators, permits to use a method of the stepwise evaluation of the efficiency.

Vector of failure kinds, vector of the system conditions, tabular method of evaluation of the reliability factors, method of step-by-step evaluation of the efficiency, subpriority factor of the efficiency evaluation, kind of failure of the system elements, kind of functioning failure.

Информация об авторах

Смурова Нина Алексеевна, инженер, г. Санкт Петербург. Тел.: (812) 370-15-77. Область научных интересов: разработка математических моделей систем топливопитания газотурбинных двигателей.

Smurova Nina Alekseevna, The Ingener, Saint – Petersburg. Phone: (812) 370-15-77. Area of research: development of the mathematical models of the fuel supply systems of gas turbine engines.