

Конструкція і міцність

УДК 629.7.03:658.562(022)

АНАЛІЗ ТЕПЛООВОГО СТАНУ ОПОР ТРДД НА ПОЧАТКОВОМУ ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ

Мохаммед Белфадла Фірас, Ю. О. Гусєв

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”*

Мастильна система (МС) ТРДД являє собою сукупність спеціальних пристроїв та агрегатів, що забезпечують подачу масла в вузли тертя двигуна для зниження втрат потужності в них, зменшення зносу деталей, відведення теплової енергії, що виділяється при терті, захисту поверхонь, що труться, від наклепу і корозії, видалення твердих включень із зони тертя [1].

Принципова схема МС аналізованого ТРДД представлена на рисунку 1.

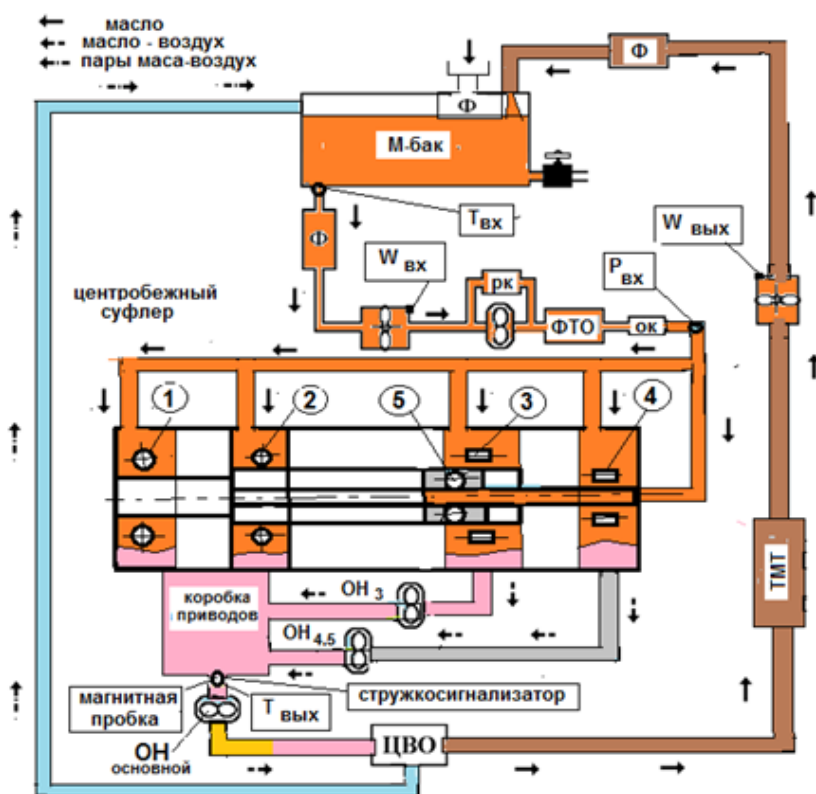


Рис. 1 – Принципова схема МС ТРДД

На схемі видно, що основними типовими функціональними елементами МС є: маслобак; трубопровід; фільтр грубої очистки; нагнітаючий насос; редукційний клапан; фільтр тонкого очищення; зворотній клапан; форсунки опор: 1, 2, 3, 4; насоси відкачки опор 3 та 4; загальний насос, що відкачує; відцентровий повітровіддільювач; паливо-масляний теплообмінник; відцентровий суфлер; при доведенні МС можуть бути використані турбінні витратоміри в нагнітаючому та відкачувальному контурах [1].

На попередньому етапі проектування МС необхідно з'ясувати ступінь впливу різних факторів на температуру олії у кожній опорі двигуна. Для цього він використовуємо теорію графів [2]. Теплову та силову завантаженість різних опор двигуна дамо у вигляді графа (рис. 2), в якому опори двигуна представлені як об'єкти – Z1, Z2, Z3, Z4 і Z5. Джерела впливу представлені роторами низького



та високого тиску R1 і R2 відповідно, проточною частиною двигуна PR, а також гарячими корпусами опор – КО. Впливи на опори представимо осьові сили на підшипники – S_o і поперечні S_p ; тепловий вплив надувного повітря – VN, та валу ротора підшипника VR.

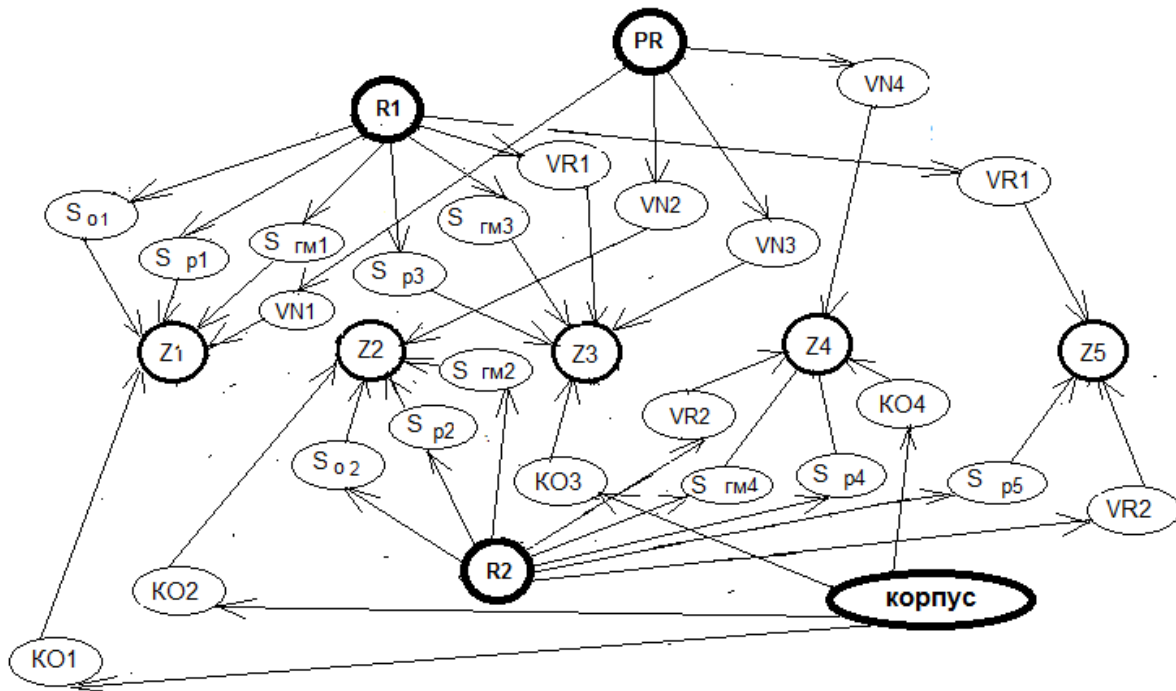


Рис. 2 – Граф, що відображає вплив різних факторів на температуру мастила в опорах двигуна

Ступінь впливу окремих впливів на тепловий стан мастила в окремих опорах визначаємо у вигляді безрозмірних параметрів, що визначаються за формулами:

– S_{o1} і S_{o2} – коефіцієнти, що характеризують дію осьового зусилля, на опори ротора щодо тяги двигуна – $P_{осев} / P_{тяги}$;

– $S_{p1} \dots S_{p5}$ – коефіцієнти, що характеризують дію поперечної сили в площині опори ротора щодо тяги двигуна – $P_{попер} / P_{тяги}$. Поперечна сила, що прикладається до зосереджених мас ротора при еволюціях літака у горизонтальній площині визначається:

$$P_p = \sqrt{\left(P_T + P_{P_i}\right)^2 + P_{P_j}^2}, \quad (1)$$

де P_T – сила тяжіння ротора; P_{P_i} – радіальна сила інерції невіднованих мас ротора, для добре збалансованих роторів невелика, силу P_{P_j} – визначаємо через коефіцієнт експлуатаційного навантаження K_j , який за нормами АП-33 при грубій посадці у вертикальній площині становить 3...4 одиниць перевантаження, тоді $P_{P_j} = P_T K_j$.



Приймаємо вагу роторів:

- високого тиску = 75 кг, а низького тиску – 100 кг. (суха вага двигуна 312 кг; агрегати – 62кг; корпуси – 75 кг);
- $S_{ГМ1} \dots S_{ГМ5}$ – коефіцієнти, що характеризують дію гіроскопічного моменту та визначаються – M гіроскоп / $2M$ стартера;

Таблиця 1 – Коефіцієнти впливу джерел тепла на температуру мастила в опорах

Об'єкти	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	
Джерела впливу	So1	1,6				
	So2		0,28			
	Sp1	0,07				
	Sp2		0,09			
	Sp3			0,08		
	Sp4				0,11	
	Sp5					-
	S _{ГМ1}	0,98				
	S _{ГМ2}		0,22			
	S _{ГМ3}			0,26		
	S _{ГМ4}				0,31	
	S _{ГМ5}					0,2
	VN1	0,58				
	VN2		0,58			
	VN3			0,58		
	VN4				0,58	
	VN5					-
	VR1					
	VR2					
	VR3			0,51		
	VR4				0,4	
	VR5					0,55
	KO1	0,58				
	KO2		0,58			
	KO3			0,50		
	KO4				0,50	
KO5					0,55	
СК	-	-	-	-	0,20	
Сумарний вплив	3,81	2,18	1,43	1,80	1,5	

– VN_i – коефіцієнт, що характеризує вплив температури надвального повітря, що надходить в окрему опору щодо температури повітря на виході з компресора високого тиску ($T_{КВТ} - T_{\text{повітря надув.}} / T_{КВТ}$);

– VR_1 і VR_2 – коефіцієнти, що характеризують вплив гарячого валу опори ротора на температуру мастила в опорі – $T_{\text{вала}}/T_{\text{газа}}$, де $T_{\text{газа}}$ – температура газу на виході з двигуна (740 К).

У представленому графі (див. рис. 2) відображено лише вплив нагрітих валів в опорах Z3, Z4 та Z5:

– $KO_1 \dots 4$ – коефіцієнти, що характеризують вплив гарячого корпусу опори ротора на температуру мастила в опорі;
– $T_{\text{корп}}/T_{\text{газа}}$, де $T_{\text{газа}}$ – температура газу на виході з двигуна.

Коефіцієнти впливу джерел тепла на температуру мастила в опорах представлено в табл. 1. Прийнято, що тяга двигуна становить 1529,6 кгс. (15000 Н). Осьове зусилля на підшипник передньої опори КНТ прийнято рівним 2550 кгс, а передній опори КВТ – 430 кгс.

Особливу роль у надійності двовальних ГТД відіграють міжвальні підшипники. При їх експлуатації спостерігаються випадки прослизання ролика в



підшипнику. Ефект прослизання виникає тому, що між роликом і кільцями в навантаженій зоні підшипника утворюються стислі масляні прошарки (клин) внаслідок швидкого руху ролика, що наводить до появи значних сил тертя та виділення тепла [3], в таблиці 1 позначено коефіцієнтом СК.

Тепло підведених до мастила в опорах проектованого ТРДД зведені в табл. 1. Заключний рядок якої дозволяє оцінити теплову навантаженість окремих опор двигуна.

Перелік використаної літератури

1. Бич, М. М. Смазка авиационных газотурбинных двигателей [Текст] / М. М. Бич, Е. В. Вейнберг, Д. Н. Сурков. – М.: Машиностроение, 1979. – 176с.
2. Кеба, И. В. Диагностика авиационных газотурбинных двигателей [Текст] / И. В. Кеба. – М.: Транспорт, 1990. – 248 с.
3. Макарчук, В. В. Расчёт скольжения в межвальных роликовых подшипниках ГТД [Текст] / В. В. Макарчук, Е. П. Жильников // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Сер.: Машиностроение и энергетика. – Самара. – 2012. – № 1 (32). – С. 125-134.