

## Проблемы управления вспомогательной силовой установкой пассажирского самолета

*АНТК «Антонов»*

Топливная экономичность и стоимость жизненного цикла вспомогательных силовых установок имеют важное значение для пассажирских самолетов.

Поэтому на современных региональных и магистральных пассажирских самолетах для обеспечения систем СКВ и ПОС сжатым воздухом с потребными параметрами по давлению и расходу, а также для привода генератора используются ВСУ двухвальной схемы со свободной турбиной, которая приводит служебный компрессор (см. рис. 1, с. 2).

Применение ВСУ со служебным компрессором дает следующие преимущества:

- широкий диапазон отбираемой энергии;
- оптимизация режима работы двигателя в зависимости от отбираемой мощности, что позволяет увеличить ресурс двигателя;
- простой метод получения чистоты отбираемого воздуха;
- повышение КПД за счет оптимизации по величине отбираемой мощности.

В то же время реализация этих преимуществ, неизбежно ведет к конструктивному усложнению служебного компрессора – введению регулируемого направляющего аппарата и, как следствие, двух контуров управления выходными параметрами служебного компрессора:

- управление направляющим аппаратом;
- стабилизация потребного давления на выходе из служебного компрессора.

Для обеспечения оптимального отбора мощности от служебного компрессора используется система управления со следующими функциями:

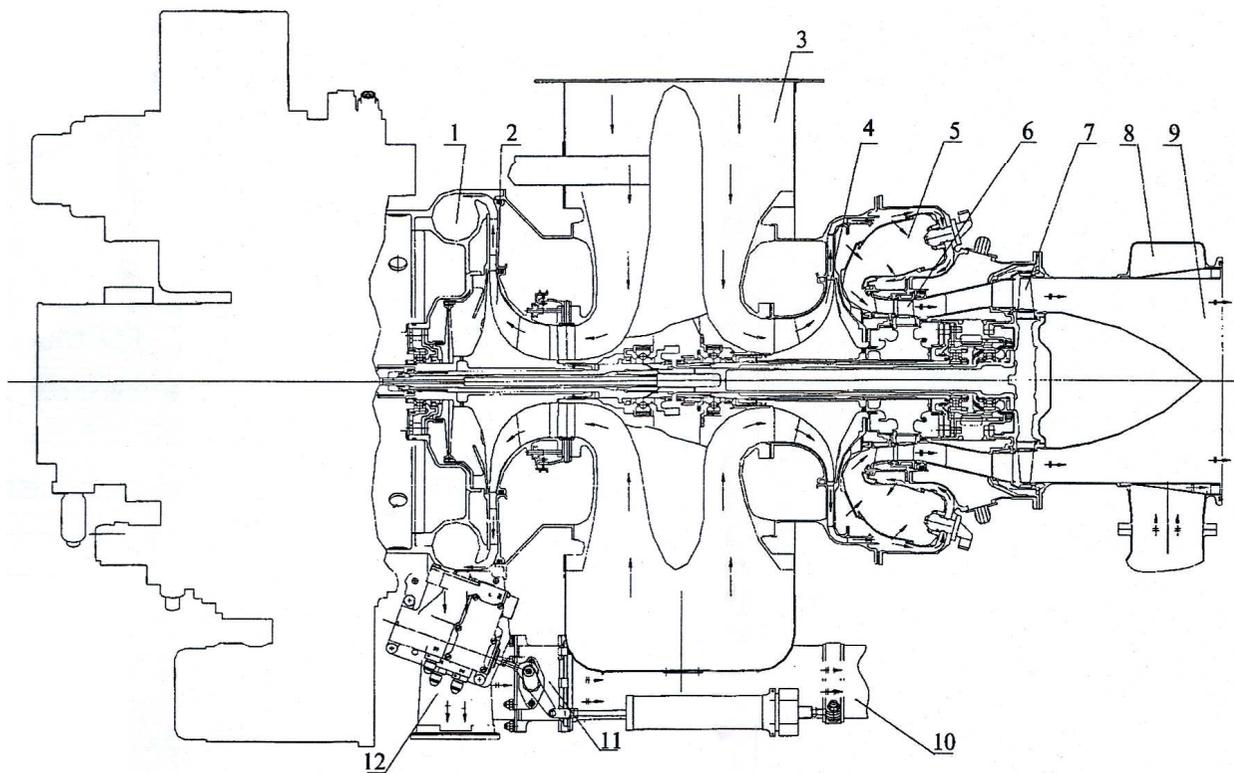
- управление входным направляющим аппаратом (ВНА);
- управление клапаном перепуска воздуха (КПВ);
- управление заслонкой отбора воздуха;
- выдача сигнальных сообщений;
- защита по предельным параметрам.

При выборе схемы управления служебным компрессором является выбор закона управления для установившегося и переходных режимов, а также ограничителей.

В качестве основного параметра регулирования выбрано  $\pi_{СК}^* = f(n_{ст})$ .

$\pi_{СК}^*$  поддерживается направляющим аппаратом служебного компрессора. Так как работа компрессора находится близко к границе помпажа, появилась необходимость использовать быстродействующий клапан сброса.

Одним из обязательных условий таких схем управления является амплитудно-частотная раздвижка циклов управляющих процессом отбора воздуха для СКВ, ПОС, запуска двигателя.



- ▶ — поток воздуха на входе в компрессор и за компрессором
- ▶ — отбор воздуха из-за служебного компрессора к потребителю
- ▶ — перепуск воздуха из-за служебного компрессора в выходное устройство
- ▶ — поток выхлопных газов

- 1 — Воздухосборник
- 2 — Служебный компрессор
- 3 — Входное устройство
- 4 — Компрессор газогенератора
- 5 — Камера сгорания
- 6 — Турбина компрессора
- 7 — Свободная турбина
- 8 — Ресивер
- 9 — Выходное устройство
- 10 — Труба перепуска
- 11 — Заслонка перепуска воздуха
- 12 — Тройник

Рис. 1 Схема проточной части АИ-450-МС

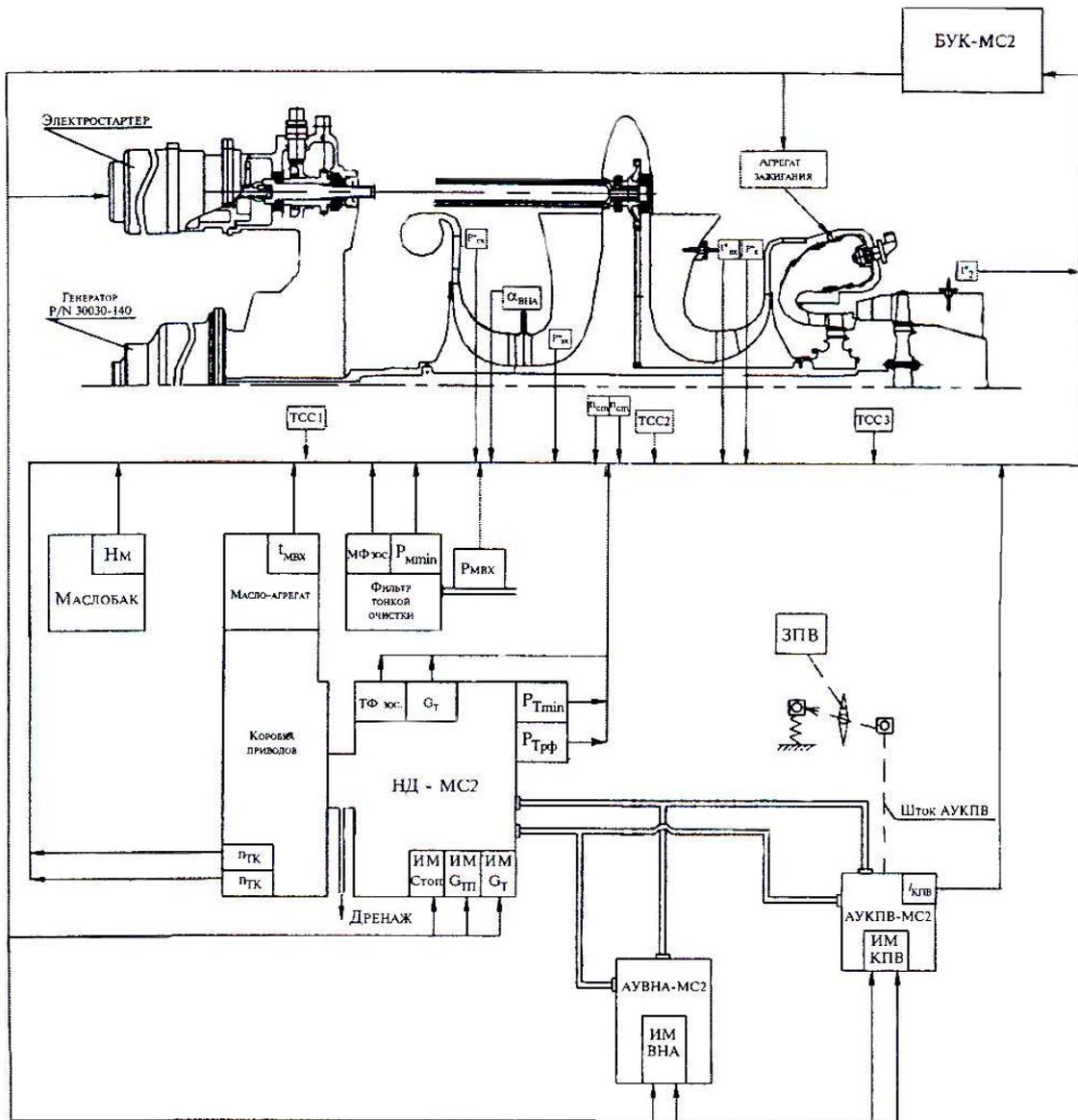


Рис. 2 Структурная схема управления и контроля двигателя АИ-450-МС

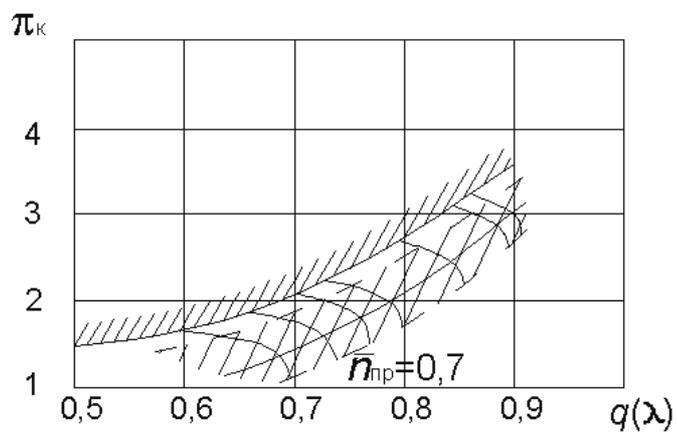


Рис. 3 Зависимость  $\pi_k = f(q, \bar{n}_{пр})$

Предложенный алгоритм управления реализован в виде Р-регулятора.

$$\delta_{НА}(p) = k_p (p_{тек} - p_{зад}) + k_{\dot{p}} \frac{p_{тек}}{T_1 p_{тек} + 1} \Delta p + k_{\ddot{p}} \frac{1}{p_{тек}} \Delta p,$$

где  $p_{тек}$  – текущее значение давления;  $p_{зад}$  – заданное значение давления;  
 $\frac{1}{T_1 p_{тек} + 1}$  – фильтр датчика давления.

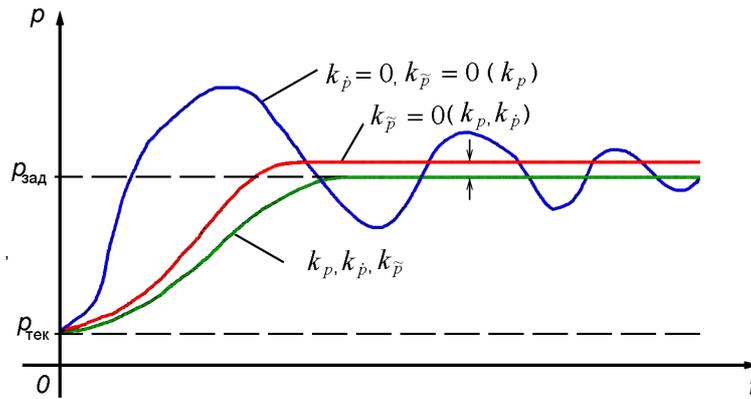


Рис. 4 Зависимость  $p = f(t)$

В процессе реализации законов управления, столкнулись с различными законами управления потребителей сжатого воздуха: от пневмодара при включении воздушного стартера двигателя до трех циклового 40-секундного запуска воздушно-тепловой ПОС планера самолета.

В различных ситуациях были применены различные технические решения:

- при запуске двигателя введена коррекция в саму циклограмму запуска на начальный момент раскрутки стартера и предварительная загрузка служебного компрессора сбросной линией;

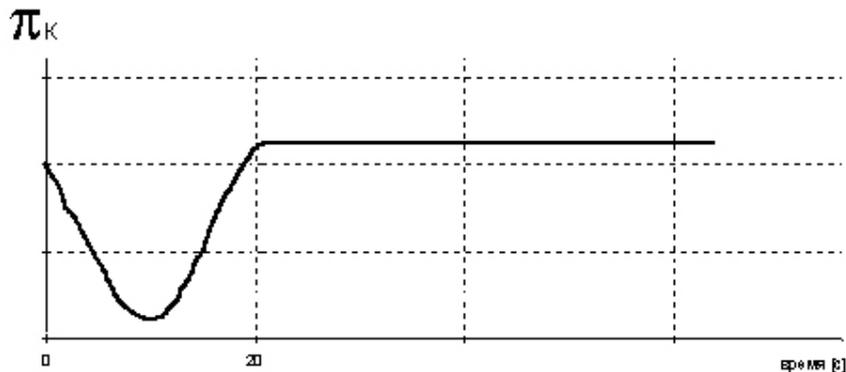


Рис. 5 Зависимость  $p_k = f(t)$

- синхронизировано время раскрутки трехколесных машин системы кондиционирования воздуха с законами управления давлением за служебным компрессором;

С переходом к разделённому управлению:

- по расходу – лопатками служебного компрессора;
- по давлению – сбросным клапаном.

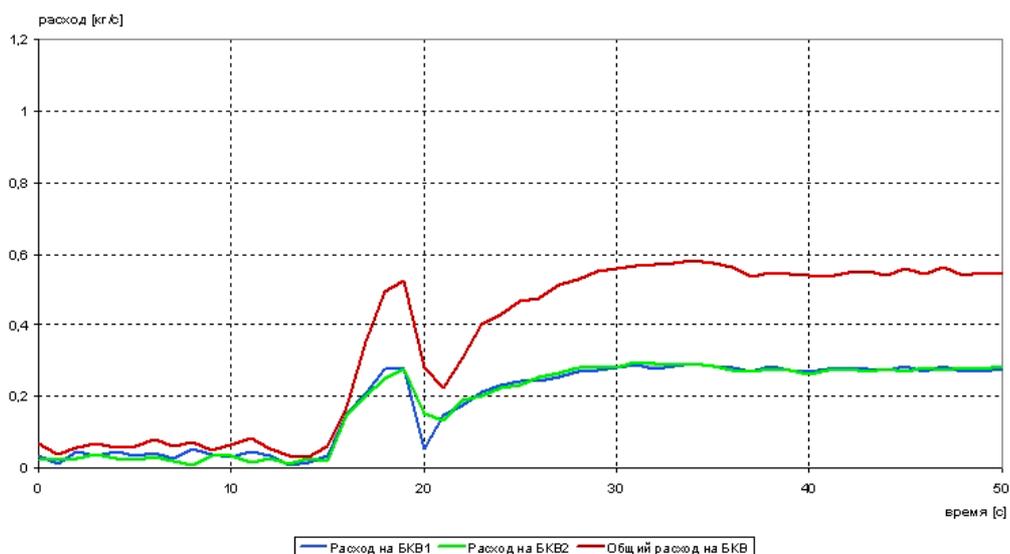


Рис. 6 Расход воздуха отбираемого от служебного компрессора на СКВ

– разработан специальный двухскоростной алгоритм управления регуляторами воздушно-тепловой ПОС планера, исключающей раскачку давления за служебным компрессором, особенно при их совместной работе с отбором воздуха от двигателя в отказных ситуациях.

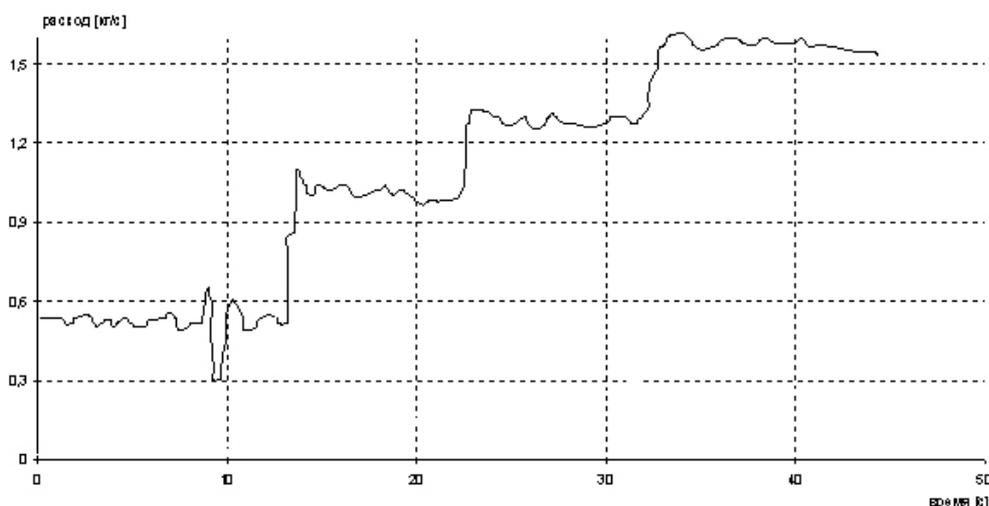


Рис. 7 Расход воздуха отбираемого от служебного компрессора на ПОС

Все эти меры позволили обеспечить устойчивое управление служебным компрессором при фиксированном положении лопаток направляющего аппарата, а, соответственно, с настройкой соплового аппарата на максимальный потребный расход.

Сейчас ведутся работы по обеспечению предварительного перемещения лопаток служебного компрессора в зону рабочих расходов по сигналу включения потребителей, с введением контроля текущего значения расхода отбираемого воздуха.

### Выводы

1. Предложен алгоритм управления служебным компрессором ВСУ.
2. Увязана работа регуляторов потребителей сжатого воздуха на самолете и регулятора параметров за служебным компрессором ВСУ.