

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЯ УГЛА УСТАНОВКИ ЛОПАСТЕЙ ВОЗДУШНОГО ВИНТА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ САМОЛЁТА АН-140

Ю.Ф. Басов, Главный конструктор, А.А. Штыков, начальник ОПР УГК,

А.В. Суббота, зам. Главного конструктора – начальник КБ2,

С.А. Глущенко, Главный конструктор темы,

ОАО «Мотор Сич», г. Запорожье, Украина

К современным региональным самолётам авиакомпаниями предъявляются повышенные требования в части взлетно-посадочных характеристик, наземной маневренности, а также безопасности полетов. Для удовлетворения этих требований двигательная установка (далее в тексте - ДУ) турбовинтового регионального самолёта должна обеспечивать:

- большую отрицательную тягу на режиме реверса, быстроту и надёжность выхода на этот режим;
- удобство управления тягой по величине и направлению на земных режимах работы;
- недопущение возникновения отрицательной тяги в полёте.

Темой данной статьи является разработка одного из устройств, придающих ДУ турбовинтового регионального самолёта Ан-140 перечисленные выше качества - измерителя угла установки лопастей воздушного винта (далее в тексте - ф-метра).

Обоснование необходимости использования ф-метра в ДУ самолёта Ан-140

По результатам выполненных в ходе разработки самолёта Ан-140 исследований, а также анализа зарубежного опыта специалистами АНТК им. О.К. Антонова был выбран такой способ управления ДУ на земных режимах, при котором лётчик рычагом управления двигателем (далее в тексте - РУД) задаёт угол установки лопастей воздушного винта (далее в тексте - $\varphi_{\text{л}}$), а частота вращения воздушного винта (далее в тексте - ВВ) поддерживается постоян-

ной путём изменения подачи топлива в камеру сгорания турбовинтового двигателя (далее в тексте – ТВД).

Данный способ (называемый в зарубежной технической литературе « β -способ» или просто « β -управление») используется, начиная с середины 50-х годов XX века для управления на земных режимах ДУ практически всех типов зарубежных турбовинтовых самолётов.

Следует отметить, что использование β -управления предъявляет некоторые дополнительные требования к системе автоматического управления ДУ, а также к конструкции ТВД и ВВ.

В состав ДУ самолёта Ан-140 входят:

- двухвальный ТВД со свободной турбиной ТВ3-117ВМА-СБМ1;
- ВВ АВ-140 с изменяемым углом установки лопастей, флюгерно-реверсивный, обратного действия.
- система автоматического управления (далее в тексте - САУ) ДУ, включающая в себя электронные блоки (электронный цифровой регулятор, блок коммутации запуска, блок управления и контроля), гидромеханические агрегаты (насос-регулятор, распределитель топлива, регулятор ВВ), исполнительные механизмы, а также датчики и сигнализаторы.

При β -управлении ДУ на земных режимах ее работы электронный цифровой регулятор (далее в тексте – РЭД) должен постоянно сравнивать фактическое значение $\varphi_{\text{л}}$ со значением $\varphi_{\text{л}}$, задаваемым РУДом, и в случае их неравенства выдавать соответствующую команду на регулятор ВВ (что требует наличия соответствующего алгоритма в программном обеспечении РЭД). Для обеспечения РЭДа

РЭД). Для обеспечения РЭДа информацией о фактическом значении $\varphi_{\text{л}}$ необходим ф-метр, т.е. устройство, преобразующее $\varphi_{\text{л}}$ в электрический сигнал, пригодный для дальнейшей обработки РЭДом. Ф-метр включает в себя датчик, вырабатывающий электрический сигнал с параметрами, однозначно определяемыми фактическим значением $\varphi_{\text{л}}$, (далее в тексте - датчик $\varphi_{\text{л}}$), а также детали и узлы, обеспечивающие механическую связь с лопастями ВВ подвижной части датчика $\varphi_{\text{л}}$, его крепление в заданном положении и т.д. Кроме обеспечения β -управления ДУ на земных режимах ее работы, ф-метр также может эффективно использоваться для её защиты от возникновения отрицательной тяги в полете.

Отрицательная тяга ДУ, включающая в себя современный ВВ с большим числом относительно широких лопастей и двухвальный ТВД со свободной турбиной, может достигать значительной величины (хотя и намного меньшей, чем у ДУ с одновальным ТВД) и представлять серьезную угрозу безопасности полета.

Получая информацию от ф-метра, а также от датчика частоты вращения ВВ и самолетных датчиков высоты и скорости полета, РЭД может рассчитать текущее значение тяги ВВ и в случае её падения ниже заданной величины выдавать соответствующие команды на регулятор ВВ.

В итоге применение ф-метра позволяет не только использовать наилучший способ управления ДУ на земных режимах её работы, но и обеспечить защиту ДУ от отрицательной тяги без использования гидравлического датчика обратной тяги и устройства для его проверки.

Требования, предъявляемые к ф-метру и его элементам

Учитывая важность информации, поступающей от ф-метра в РЭД, к ф-метру предъявляются следующие требования:

- высокая точность измерения $\varphi_{\text{л}}$ во всем диапазоне их изменения (от $\varphi_{\text{л}}$ флюгера до $\varphi_{\text{л}}$ реверса);

- высокая надежность работы при внешних воздействиях, обусловленных работой ТВД и ВВ (вибрация различных частот, повышенная температура и т.д.), а также в условиях обледенения и повышенной запыленности воздуха;

- конструктивная совместимость с ВВ и редуктором ТВД.

Ф-метр включает в себя датчик $\varphi_{\text{л}}$ и передаточный механизм (далее в тексте - ПМ), обеспечивающий кинематическую связь подвижной части датчика $\varphi_{\text{л}}$ с лопастями вращающегося ВВ.

Для обеспечения соответствия ф-метра изложенным выше требованиям его ПМ должен:

- обеспечивать неизменность передаточной функции (зависимости положения подвижной части датчика $\varphi_{\text{л}}$ от фактического значения $\varphi_{\text{л}}$) в течение всего межремонтного ресурса без подрегулировок;

- располагаться в масляных полостях редуктора ТВД и втулки ВВ;

- сохранять работоспособность при некотором износе и загрязнении его деталей;

- не вызывать существенного увеличения габаритов и массы редуктора ТВД и втулки ВВ;

- не вызывать существенного усложнения конструкции втулки ВВ и редуктора ТВД;

- не вызывать существенного усложнения технологии монтажа и демонтажа ВВ.

Разработка передаточного механизма, обладающего перечисленными выше качествами для ДУ с ТВД, имеющим соосный редуктор, и с ВВ обратного действия, является достаточно сложной конструкторской задачей.

Подбор же датчика $\varphi_{\text{л}}$ не составляет особой проблемы, так как в настоящее время в продаже имеется довольно много моделей датчиков, преобразующих механические перемещения в электрические сигналы, обеспечивающих требуемую точность измерения и достаточно стойких к внешним воздействиям, обусловленным работой ТВД и ВВ.

Описание конструкции и работы ф-метра ДУ самолета АН-140

На рис. 1 и 2 схематично показаны втулка ВВ АВ-140 и часть переднего редуктора ТВД ТВЗ-117ВМА-СБМ1 с датчиком $\varphi_{\text{л}}$ и ПМ ф-метра.

Для обеспечения кинематической связи лопастей ВВ с ПМ ф-метра использованы кривошипно-

шатунный механизм (поз. 1) и поршень поз.(2), управляющие положением лопастей ВВ (поз. 3). Толкатели (поз. 4) установленные в направляющих гильзах (поз. 5) втулки ВВ, в осевом направлении зафиксированы в поршне (поз. 2) и перемещаются вместе с ним как единое целое. На рис. 3 показана зависимость $\varphi_{\text{л}}$ от перемещения толкателей.

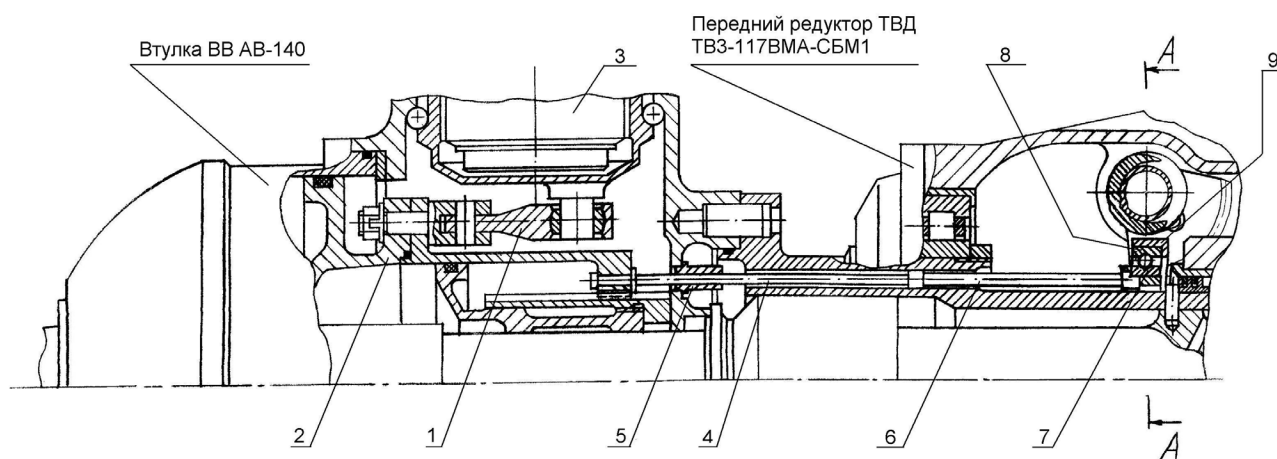


Рис. 1

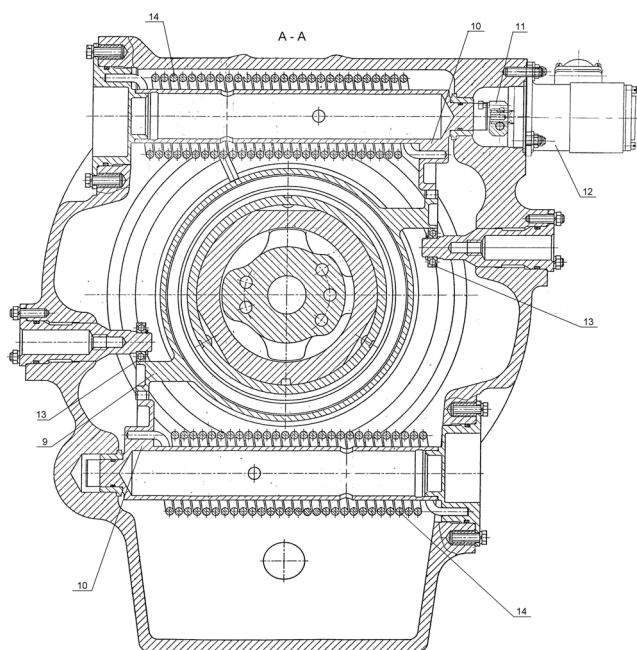


Рис. 2

Торцы толкателей поз. 4 упираются в торцы толкателей (поз. 6), установленных в отверстиях вала ВВ и закрепленных в обойме (поз. 7), установленной на валу ВВ с возможностью осевого перемещения.

На обойме установлен шарикоподшипник (поз. 8), соединяющий вращающиеся вместе с ВВ и не вра-

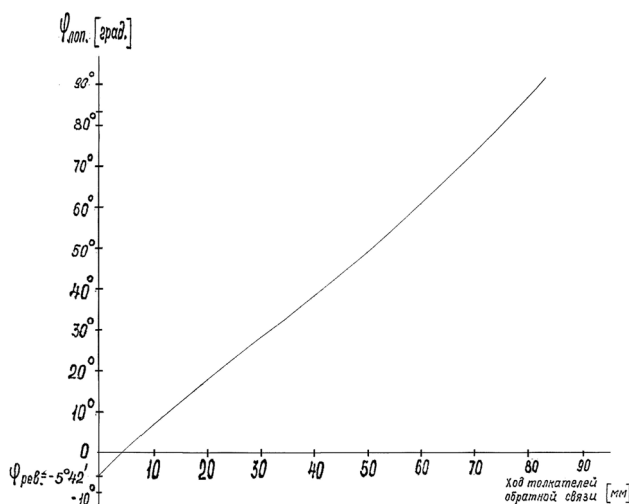


Рис. 3

щающиеся детали ПМ ф-метра. На наружной обойме шарикоподшипника установлено кольцо с двумя зубчатыми рейками (поз. 9), находящимися в зацеплении с двумя зубчатыми секторами (поз. 10). С одним из зубчатых секторов (поз. 10) поводком (поз. 11) связан вал датчика $\varphi_{\text{л}}$, установленного на корпусе редуктора.

Нерабочие части зубчатых реек опираются на подшипники (поз. 13). На зубчатых секторах установлены пружины кручения (поз. 14).

При изменении $\varphi_{\text{л}}$ происходит перемещение поршня, управляющего положением лопастей ВВ. Толкатели (поз. 4), установленные в гильзах (поз. 5) и закрепленные в поршне (поз. 2), воздействуют на толкатели (поз. 6) и перемещают обойму (поз. 7) с шарикоподшипником (поз. 8), а также кольцо с зубчатыми рейками (поз. 9) в осевом направлении. Осевое перемещение кольца с зубчатой рейкой преобразуется в поворот зубчатых секторов (поз. 10) и вала датчика $\varphi_{\text{л}}$

(поз. 12).

Датчик $\varphi_{\text{л}}$ преобразует поворот своего вала в электрический сигнал, поступающий в РЭД.

Пружины кручения (поз. 14) обеспечивают беззависимое сопряжение всех деталей передаточного механизма друг с другом.

Шарикоподшипники (поз. 13) предотвращают перекос кольца с зубчатыми рейками под действием силы, действующей в зубчатом зацеплении.

На рис. 4 показана конструкция соосного переднего редуктора трансмиссии ТВД ТВЗ-117ВМА СБМ1 (обозначения те же, что и на рис. 1 и 2).

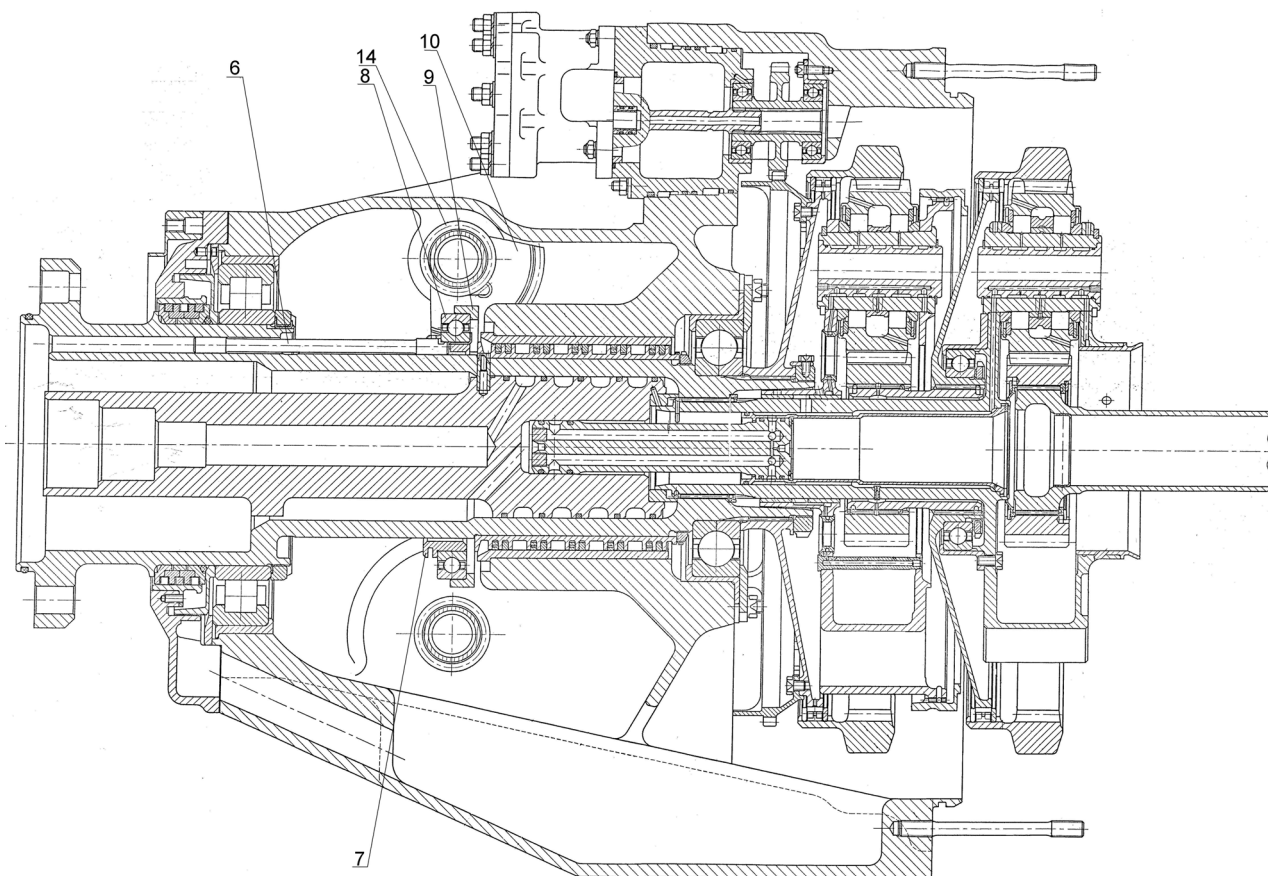


Рис. 4

В качестве датчика $\varphi_{\text{л}}$ использован дублированный синусно-косинусный трансформатор ДБСКТ-250-1Ш (далее в тексте - ДБСКТ), имеющий достаточно высокие точность измерения и стойкость к внешним воздействиям при небольших габаритах и массе.

ДБСКТ представляет собой две бесконтактные электрические микромашины переменного тока, расположенные в одном корпусе, и с роторами, установленными на одном валу.

При повороте вала на угол α ДБСКТ выдает аналоговый сигнал (напряжение переменного тока), пропорциональный $\sin \alpha$ или $\cos \alpha$.

Опыт эксплуатации авиационных ДУ, в элементах которых установлены ДБСКТ (для измерения углов установки статорных лопаток компрессора, углов поворота управляющих золотников, дроссельных кранов, рычагов управления), показал высокую стабильность параметров и надежность работы этих трансформаторов без проведения регламентных работ.

Из изложенного выше следует, что конструкция ПМ и датчик ϕ_d , выбранные для ϕ -метра ДУ самолета Ан-140, обеспечивают практически полное его соответствие предъявляемым к нему требованиям.

Испытания ДУ самолета Ан-140 в аэродинамической трубе ЦАГИ, летные испытания и эксплуатация самолета Ан-140 показали высокую точность и надежность работы ϕ -метра, чем подтвердили правильность принятых при его создании конструктивных решений. На конструкцию ϕ -метра для ДУ самолета Ан-140 получен патент Российской Федерации Ru 2129075 C1 «Реверсивный воздушный винт».

Использование ϕ -метра ДУ самолета Ан-140 в ДУ других летательных аппаратов, а также наземных транспортных средств

Использование ϕ -метра ДУ самолета Ан-140 в ДУ с ТВД, создаваемыми на базе вертолетных газотурбинных двигателей Agriel 1С и ТВД-400, в трансмиссиях которых планируется применение соосных редукторов, а также при модернизации существующих ДУ с ТВД, имеющими соосные редукторы (РТ6, М601, ТВД-10Б, ТРФ351-20) позволит применить в них современные высокоэффективные ВВ и САУ, и, следовательно, существенно улучшить показатели этих ДУ.

ϕ -метр ДУ самолета Ан-140 может быть использован и в конструкции двухконтурных турбореактив-

ных двигателей с большой степенью двухконтурности, имеющих вентилятор с поворотными рабочими лопатками, приводимый через соосный редуктор (подобных ДТРД М.45-SD-02 или Astafan).

Возможно также применение ϕ -метра ДУ самолета Ан-140 в ДУ некоторых типов винтокрылов и судов на воздушной подушке, в которых β -управление используется для обеспечения заданного распределения мощности от одного двигателя (или группы двигателей, связанных трансмиссией) между ВВ, создающими горизонтальную тягу, и несущими винтами (у винтокрылов) или подъемными вентиляторами (у судов на воздушной подушке).

Литература

1. Конструкция авиационного турбовинтового двигателя ТВ3-117ВМА-СБМ1 / Издательский комплекс ОАО «Мотор Сич».- Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2002.- 353 с.
2. Иностранные авиационные двигатели: Справ. Пособие.- М.: ЦИАМ, 1975.- 280 с.
3. Jane's all the world's aircraft 1994-95.
4. Тищенко М.Н., Некрасов А.В., Радин А.С. Вертолеты. Выбор параметров при проектировании.- М.: Машиностроение, 1976.- 368 с.
5. Коулз. Применение морских газовых турбин в десантных судах на воздушной подушке AALC JEFF(B) // Тр. америк. общ. инж.-мех. Сер. Энергетические машины и установки.- 1980.- №4.- С. 132-137.

Поступила в редакцию 22.05.03

Рецензенты: зам. Главного технолога В.В. Сироткин, ОАО «Мотор Сич», г. Запорожье; Главный конструктор О.Г. Захаров, СНПП «Юпитер», г. Запорожье.