

УДК 621.452.3

Ю. М. ГУРО

ГП «Ивченко-Прогресс», Украина

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРИВОДА ДЛЯ ФЛЮГЕРНОГО НАСОСА

Выполнен обзор вариантов привода насосов, применяемых в системах флюгирования лопастей воздушных винтов (винтовентиляторов) турбовинтовых (винтовентиляторных) двигателей отечественной разработки и производства. Рассмотрены недостатки флюгерных насосов, применяемых в системах флюгирования на отечественных самолетах. Предложен альтернативный вариант привода флюгерного насоса вместо привода от электродвигателя постоянного тока. Выполнено обоснование предложенного варианта и сравнение характеристик штатного флюгерного насоса с характеристиками турбофлюгерного насоса.

Ключевые слова: маслонасос, флюгерный насос, давление масла, расход масла, флюгирование, воздушный винт, винтовентилятор, отрицательная тяга.

Введение

В настоящее время особое внимание необходимо уделять безопасности воздушного транспорта. В связи с этим особенно актуально развивать защитные системы, обеспечивающие безопасность полетов.

Для обеспечения безопасности самолетов с турбовинтовыми двигателями требуется система флюгирования лопастей воздушного винта (винтовентилятора), так как она позволяет предотвратить появление и развитие опасной для летательного аппарата (ЛА) отрицательной тяги в случае выключения двигателя в полете и раскрутку винта на работающем двигателе (например, при утечке масла из системы управления угловым положением лопастей).

Воздушные винты (винтовентиляторы), применяемые на отечественных самолетах, в основном выполнены по схеме обратного действия, в соответствии с которой поворот лопастей в сторону уменьшения угла установки осуществляется моментом поперечных составляющих центробежных сил, а в сторону уменьшения – суммой моментов силы давления масла и аэродинамических сил. Таким образом, двигатели с такими винтами должны быть оснащены специальными флюгерными маслонасосами, имеющими значительную производительность при высоком давлении. В отличие от топливных насосов и маслонасосов системы смазки, флюгерный насос не может приводиться от ротора двигателя, так как при выключении двигателя его мощность резко падает, и инерции ротора может оказаться недостаточно для перевода лопастей во флюгерное положение. Поэтому для флюгерного насоса требуется автономный привод.

В данной статье дан обзор вариантов привода флюгерных насосов, применяемых в системах флю-

гирования лопастей воздушных винтов (винтовентиляторов) турбовинтовых (винтовентиляторных) двигателей отечественной разработки и производства, рассмотрены их недостатки, предложен и обоснован альтернативный вариант привода.

1. Обзор вариантов привода флюгерных насосов, применяемых на ЛА отечественной разработки и производства

Сведения о типах воздушных винтов (винтовентиляторов) и флюгерных насосов, применяемых на отечественных самолетах, приведены в табл. 1.

Все перечисленные флюгерные насосы:

- имеют привод от электродвигателя постоянного тока;
- развивают на выходе максимальное давление $(6,5^{+1})$ МПа $[(65^{+10})$ кгс/см²] при температуре масла от 20 до 110 °С и отсутствии расхода масла.

Таблица 1
Воздушные винты (винтовентиляторы) и флюгерные насосы, применяемые на отечественных самолетах

Самолеты	Воздушные винты (* – винтовентиляторы)	Флюгерные насосы
1	2	3
Ан-8, Ан-10, Ан-10А, Ан-12, Ан-12А, Ан-12БК, Ан-12М	АВ-68И	НФ2Т, НФ2ТА-1
Ил-18, Бе-12, Бе-14	АВ-68И	НФ2Т1, НФ2ТА-2
Ан-24, Ан-24А, Ан-24Б, Ан-24В, Ан-24ВТ, Ан-24П, Ан-24ПВ, Ан-24Т, Ан-26, Ан-30	АВ-72	НФ2ТА-4

Продолжение табл. 1

1	2	3
Ту-95, Ту-95М, Ту-114, Ту-116, Ту-126, Ту-142	АВ-60Н, АВ-60, АВ-60М	НФ2ТА-4
Ан-22	АВ-90	ФН5К
Як-42Е-ЛЛ	СВ-36*	ФН5К
Ил-112, Ил-114	СВ-34	4080
Ан-140	АВ-140	4080
Ан-70, Ан-180, А-45 (Бе-42), Як-42-2, Як-46, Як-46-2	СВ-27*	4116

2. Недостатки используемых флюгерных насосов

Недостатком электропроводного флюгерного насоса является то, что в процессе флюгирования лопастей воздушного винта (винтовентилятора) электродвигатель не обеспечивает постоянную частоту вращения маслососа.

Это связано с тем, что в процессе флюгирования лопастей воздушного винта (винтовентилятора) усилие, необходимое для перемещения лопастей, изменяется, следовательно, нагрузка на вал электродвигателя также изменяется.

С увеличением нагрузки частота вращения вала электродвигателя и маслососа уменьшается, при этом, соответственно, снижается расход и давление масла, развиваемые маслососом.

Это приводит к замедлению перемещения лопастей воздушного винта во флюгерное положение.

Для обеспечения заданного времени перемещения лопастей воздушного винта во флюгерное положение необходимо рассчитывать маслосос на ту частоту вращения, до которой электродвигатель снижает частоту вращения в процессе флюгирования, или подбирать электродвигатель большей мощности.

Это приводит к тому, что для работы электродвигателя флюгерного насоса необходимо подводить токи более 650 А, и флюгерный насос получается переразмеренным.

Кроме того, с увеличением потребляемого электродвигателем тока растут его габариты и масса, а также растет диаметр и, следовательно, масса силовых проводов.

Это имеет существенное значение при проектировании двигателя, так как от авиационного двигателя разработчик самолета всегда требует минимальную массу и габариты.

Кроме того, увеличение потребляемого флюгерным насосом тока не позволяет электродвигателю длительно работать вследствие опасности перегрева его обмоток, а также может привести к нежелательному воздействию на окружающие агрегаты, содержащие электрические исполнительные меха-

низмы и устройства.

Следовательно, привод маслососа флюгерного насоса от электродвигателя постоянного тока имеет следующие основные недостатки:

- частота вращения привода (вала электродвигателя) в процессе работы падает, следовательно, параметры, развиваемые маслососом (производительность и давление) также падают;
- высокие потребные токи;
- ограничение времени работы из-за перегрева электродвигателя;
- ограничение количества включений подряд;
- длительное время для охлаждения электродвигателя;
- большая масса и габариты.

3. Обоснование альтернативного варианта привода флюгерного насоса

Альтернативным вариантом привода флюгерного насоса может быть привод от воздушного турбостартера.

Для проверки данного предложения на базе существующих элементов был собран турбофлюгерный насос, состоящий из флюгерного насоса ФН5К и воздушного стартера СВ-25Б.

На неработающем двигателе Д-27 параметры флюгирования лопастей винтовентилятора СВ-27 от турбофлюгерного насоса со стартером воздушным СВ-25Б и флюгерного насоса 4116 для большей наглядности и удобства сравнения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры флюгирования лопастей винтовентилятора СВ-27 от турбофлюгерного насоса со стартером воздушным СВ-25Б и флюгерного насоса 4116 на неработающем двигателе Д-27

Параметр	НТФ	4116
Время флюгирования лопастей ПВ, с	10,0	20,0
Время флюгирования лопастей ЗВ, с	8,0	17,5
Кол-во расходуемого масла, л	30,6	34,5
$P_{м\ фн\ пв}$, МПа (кгс/см ²)	3,1 (31,1)	1,2 (12,1)
$P_{м\ фн\ зв}$, МПа (кгс/см ²)	8,8 (87,8)	2,6 (25,6)
$P_{м\ бш\ пв}$, МПа (кгс/см ²)	1,3 (12,8)	0,5 (4,6)
$P_{м\ бш\ зв}$, МПа (кгс/см ²)	7,9 (78,8)	2,1 (20,6)

Параметры флюгирования лопастей винтовентилятора СВ-27 от турбофлюгерного насоса со стартером воздушным СВ-25Б и флюгерного насоса

4116 при выключении двигателя Д-27 со взлетного режима для большей наглядности и удобства сравнения приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры флюгирования лопастей винтовентилятора Св-27 от турбофлюгерного насоса со starterом воздушным Св-25б и флюгерного насоса 4116 со взлетного режима работы двигателя Д-27

Параметр	НТФ	4116
Время флюгирования лопастей ПВ, с	7,0	6,6
Время флюгирования лопастей ЗВ, с	6,0	5,7
Количество расходуемого масла, л	7,0	7,0
$P_{M \text{ фн пв}}$, МПа (кгс/см ²)	1,4 (13,5)	1,3 (13,0)
$P_{M \text{ фн зв}}$, МПа (кгс/см ²)	1,3 (12,5)	1,4 (13,5)
Максимальное $P_{M \text{ фн пв}}$, МПа (кгс/см ²)	1,9 (19,0)	3,0 (30,0)
Максимальное $P_{M \text{ фн зв}}$, МПа (кгс/см ²)	1,3 (12,5)	1,6 (15,5)
$P_{M \text{ бш пв}}$, МПа (кгс/см ²)	0,6 (6,0)	0,6 (5,5)
$P_{M \text{ бш зв}}$, МПа (кгс/см ²)	0,4 (4,0)	0,4 (4,0)
Максимальное $P_{M \text{ бш пв}}$, МПа (кгс/см ²)	4,4 (43,5)	4,3 (42,5)
Максимальное $P_{M \text{ бш зв}}$, МПа (кгс/см ²)	3,8 (38,0)	3,9 (39,0)
Время снижения ппв, с	8,1	8,5
Время снижения пзв, с	2,3	2,3

На рис. 1 показано размещение флюгерного насоса 4116 на двигателе Д-27.

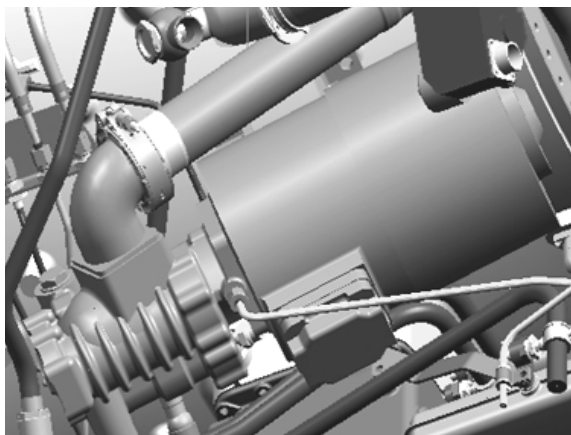


Рис. 1. Размещение флюгерного насоса 4116 на двигателе Д-27

На рис. 2 показано размещение турбофлюгерного насоса на месте флюгерного насоса 4116.

Анализ характеристик флюгерного насоса 4116

и турбофлюгерного насоса с воздушным starterом СВ-25Б показал:

- время флюгирования лопастей винтовентилятора СВ-27 при использовании турбофлюгерного насоса меньше на $\approx 1,0$ с, а время расфлюгирования меньше на $\approx 6,1$ с, чем при использовании флюгерного насоса 4116;

- время расфлюгирования лопастей винтовентилятора СВ-27 при использовании турбофлюгерного насоса меньше, чем при расфлюгировании от флюгерного насоса 4116.

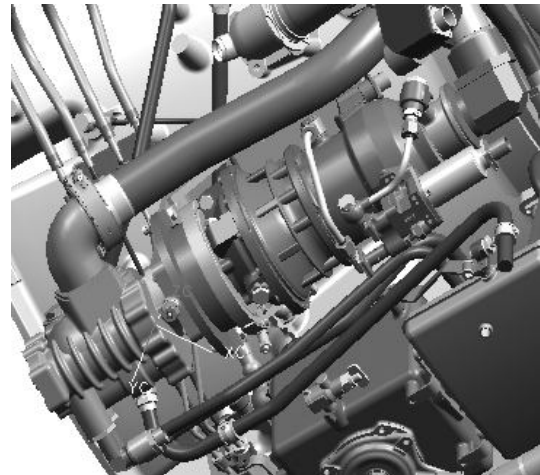


Рис. 2. Размещение турбофлюгерного насоса на месте флюгерного насоса 4116

Кроме того, воздушный starter СВ-25Б по сравнению с флюгерным насосом 4116:

- имеет меньшую на 20 кг массу;
- не требует подвода силовых проводов, масса которых только по двигателю составляет $\approx 1,5$ кг;
- не требует наличия аккумуляторных батарей, обеспечивающих ток не менее 700 А;
- не создает электромагнитных воздействий на окружающие агрегаты.

Применение воздушного starterа СВ-25Б в качестве привода флюгерного насоса позволяет избежать недостатков, имеющих во всех рассмотренных флюгерных насосах и обеспечивает следующие преимущества:

- постоянную частоту вращения привода маслоснабжения;
- отсутствие необходимости в электрической системе с высокими токами;
- снижение емкости резервной электрической системы самолета (аккумуляторов);
- значительное снижение массы двигательной установки;
- значительное снижение массы силовых проводов на самолете;

- неограниченное время работы флюгерного насоса;
- неограниченное количество включений подряд;
- отсутствие необходимости в длительном охлаждении;
- исключение электромагнитных воздействий на окружающие агрегаты.

Литература

1. Флюгерные насосы НФ2ТА-1 и НФ2ТА-2 [Текст]. – М. : Государственное научно-техническое издательство «Оборонгиз», 1960. – 44 с.
2. Флюгерные насосы ФН5К и ФН5К-1. [Текст]. – М. : Машиностроение, 1964. – 40 с.
3. Заводиленко, В. И. Флюгерный насос 4080. Технические условия 4080.000 ТУ [Текст] / В. И. Заводиленко. – ОАО «ОМКБ», 1982. – 34 с.
4. Заводиленко, В. И. Флюгерный насос 4116. Технические условия 4116.000 ТУ [Текст] / В. И. Заводиленко. – ОАО «ОМКБ», 1985. – 38 с.
5. Ногтев, Л. М. Соосные 4-лопастные (2 × 4) флюгерные винты АВ-60 серии 03, АВ-60Н серии 03 и АВ-60М серии 03 с регуляторами постоянных оборотов Р-60 и Р-60Д. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Текст] / Л. М. Ногтев, К. М. Егоров. – М. : Государственное издательство оборонной промышленности, 1960. – 164 с.
6. Ногтев, Л. М. Воздушные винты АВ-68И серии 02 и 03 и регуляторы постоянных оборотов Р-68Д. Техническое описание и схема работы [Текст] / Л. М. Ногтев, Ю. Н. Кузнецов ; под общ. ред. К. И. Жданова. – М. : Государственное научно-техническое издательство «Оборонгиз», 1960. – 194 с.
7. Ногтев, Л. М. Воздушный винт АВ-72 и регулятор постоянных оборотов Р-68ДТ-24. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Текст] / Л. М. Ногтев, К. М. Егоров, Е. Г. Нетецов ; под общ. ред. К. И. Жданова. – М. : Государственное научно-техническое издательство «Оборонгиз», 1963. – 160 с.
8. Ногтев, Л. М. Соосные 4-лопастные (2 × 4) воздушные винты АВ-90 серии 02 с регулятором постоянных оборотов Р90 серии 01. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Текст] / Л. М. Ногтев, К. М. Егоров. – М. : Государственное издательство оборонной промышленности, 1966. – 168 с.
9. Гуро, Ю. М. Технический акт № 2-2005/ФН. Результаты выполнения флюгерования и расфлюгерования лопастей винтовентилятора СВ-27 от маслонасоса с разными типами привода [Текст] / Ю. М. Гуро. – Запорожье : ГП ЗМКБ «Прогресс» им. акад. А. Г. Ивченко, 2005. – 18 с.
10. Гуро, Ю. М. Технический отчет № 114/2006-2007. Сравнительные характеристики турбофлюгерного насоса НТФ-27 и флюгерного насоса 4116 [Текст] / Ю. М. Гуро. – Запорожье : ГП ЗМКБ «Прогресс» им. акад. А. Г. Ивченко, 2006. – 40 с.

Поступила в редакцию 12.03.2014, рассмотрена на редколлегии 20.05.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф, заведующий кафедрой конструкции авиационных двигателей С. В. Елифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРИВОДУ ДЛЯ ФЛЮГЕРНОГО НАСОСУ

Ю. М. Гуро

Виконано огляд варіантів приводу насосів, вживаних в системах флюгування лопатей повітряних гвинтів (гвинтовентиляторів) турбогвинтових (гвинтовентиляторних) двигунів вітчизняної розробки і виробництва. Розглянуто недоліки флюгерних насосів, вживаних в системах флюгування на вітчизняних літаках. Запропоновано альтернативний варіант приводу флюгерного насосу замість приводу від електродвигуна постійного струму. Виконано обґрунтування запропонованого варіанту і порівняння характеристик штатного флюгерного насосу з характеристиками турбофлюгерного насосу.

Ключові слова: маслонасос, флюгерний насос, тиск масла, витрата масла, флюгерування, повітряний гвинт, гвинтовентилятор, негативна тяга.

GROUND OF CHOICE OF DRIVE FOR WEATHERCOCK PUMP

Y. M. Guro

The review of variants of drive of the pumps applied in the systems of feathering of blades of airscrews (propfan) of propeller (propfan) turbines of home development and production is executed. The lacks of the weathercock pumps applied in the systems of feathering on home airplanes are considered. The alternative variant of weathercock pump drive is offered instead of drive from the electric motor of direct-current. The ground of the offered variant and comparison of descriptions of regular weathercock pump are executed with descriptions of turbine feathering pump.

Key words: an oil pump, the feathering pump, pressure of oil, the consumption of oil, feathering, a propeller, (propfan), negative thrust.

Гуро Юрій Михайлович – ведучий конструктор, ГП «ЗМКБ «Прогресс» имени академика А. Г. Ивченко», г. Запорожье, Украина.