

УДК 629.064.3

## СРЕДСТВА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БЛОКОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Бельтюков В. А., Загорский В. А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Гидравлические системы установлены на большинство воздушных судов. Начиная с 1980-х годов, всё большее распространение получает применение электро- дистанционной системы управления (ЭДСУ) самолётом. Системы этого типа оснащаются исполнительными механизмами с гидроприводом, так как электромеханический привод уступает гидравлическому по соотношению массы и мощности. В таких условиях повышаются требования к надёжности гидросистем, так как невозможно создать обратимую систему управления, а, следовательно, и управлять воздушным судном при отсутствии питания гидроагрегатов.

При проектировании гидравлических систем необходимо обеспечить бесперебойную подачу рабочей жидкости к гидроагрегатам с заданным давлением на всех режимах полёта.

Каждый тип воздушного судна имеет от двух до трёх независимых энергетических блоков (БЭ), подсоединённых к независимым магистралям подачи и слива. Гидроагрегаты имеют возможность питаться от нескольких энергетических блоков. Для этого они оснащены либо клапаном переключения и одной рабочей камерой (КАУ-30Б вертолёт Ми-8), либо несколькими рабочими камерами (РА-56 самолёт Ту-154). Реже применяются отдельные гидроагрегаты, питающиеся от разных энергетических блоков. Многие воздушные суда разработки 1950-1960-х годов ограничивались применением двух гидросистем. К таким воздушным судам относятся вертолёты Ми-8, самолёты Ан-10, Ан-12.

Необходимо использовать энергетические блоки с разным принципом работы. Наиболее часто используемым источником энергии для гидросистемы на данный момент являются гидронасосы, приводящиеся от двигателей воздушного судна. В этом случае при выключении двигателя в полёте прекращается и подача энергии в гидросистему. В связи с этим, необходимо предусмотреть дополнительные источники энергии. Такими источниками могут служить автономные насосные станции с электрическим приводом, механические источники энергии, а также устройства, передающие энергию между энергетическими блоками.

Наибольшее распространение в качестве резервного источника энергии для гидросистем получили насосные станции с электрическим приводом. Данный тип резервирования применяется на таких самолётах, как Ту-134, Ту-154, Як-42, В737, А320, А340 и др. Схема подключения таких насосных станций к магистралям гидросистемы может различаться. Можно выделить три основные схемы: подключение к общей магистрали с основным насосом; подключение в собственную магистраль; комбинированная схема, при которой несколько насосных станций подключаются как к рабочим магистралям, так и в отдельную резервную.

Примером первой схемы является семейство самолётов Boeing 737 Classic. На этих самолётах установлено 2 магистральные сети гидросистемы: А и В [1]. Каждая сеть в штатном режиме питается от своего насоса, установленного на правом и левом двигателях, а в случае выхода одного из насосов его функции выполняет насосная станция с электроприводом. Подача энергии на магистрали А и В выполнена перекрёстно: в системе А гидронасос установлен на левом двигателе, а насосная

станция подключена к правой шине бортовой сети, система В подключена в обратном порядке.

Вторая схема реализована на самолете Як-42. На данном самолёте есть основной энергетический блок, питающийся от гидронасосов, установленных на двигателях №1 и №2; резервный и аварийный энергетические блоки, питающиеся от насосных станций с электроприводом [2]. Резервный и аварийный энергетические блоки имеют меньшую мощность и питают не все гидроагрегаты. На данном самолёте управление элеронами и рулём высоты осуществляется без использования гидроприводов. Это сохраняет возможность управления самолётом при полном отказе гидросистемы.

Третья схема реализована на самолётах Airbus A320 Family. Каждый самолёт имеет три независимых энергетических блока, называемых системами (system): GREEN (зеленая), BLUE (синяя) и YELLOW (желтая). Системы GREEN и YELLOW являются основными и питаются от гидронасосов, установленных на двигателях, в систему YELLOW при отключенном двигателе №2 или отказе гидронасоса нагнетается давление с использованием насосной станции с электроприводом [3]. Система BLUE – резервная, давление в ней создается насосной станцией с электроприводом. Во время полёта в системе BLUE поддерживается рабочее давление, но питание от неё не осуществляется. Все потребители питаются от одной из рабочих и от резервной системы. Такой подход обеспечивает наиболее высокую надёжность и отказоустойчивость гидросистемы в целом.

При отказе одного из основных энергетических блоков необходимо организовать подачу жидкости под давлением к гидроагрегатам, подключенным только к отказавшему блоку, или использующим его как основной источник питания. Для этих целей используются устройства, передающие энергию от одного БЭ к другому. К таким устройствам относятся краны объединения и пара «гидромотор-гидронасос».

Передача энергии вместе с жидкостью под давлением реализована на самолёте Ту-154. БЭ №1 и №2 этого самолёта могут объединяться с помощью открытия специального электромагнитного крана.

На самолётах семейства A320 для передачи энергии от системы GREEN к системе YELLOW и обратно используется Power transfer unit (PTU) – агрегат перевода мощности. Он состоит из двух пар «гидромотор – гидронасос», соединенных общими валами. Данный узел подключается при разнице давлений в двух системах более 500 PSI (3,45 МПа) [3]. Система с большим давлением приводит в действие гидромотор, который вращает ротор гидронасоса. При этом не происходит перекачивание или смешивание гидравлической жидкости.

В случае, если гидроагрегаты основного управления подключены к обоим БЭ, а вспомогательные приводы, такие как выпуск шасси, только к одному БЭ, при использовании PTU от неисправного энергетического блока могут отключаться агрегаты, подключенные напрямую к исправному блоку. На административном самолете Gulfstream G450 многие агрегаты подключены только к правому БЭ. При неисправности этого блока включается PTU, автоматически прекращается питание первичных органов управления от неисправного блока. За счёт этого экипаж получает возможность управлять теми гидроагрегатами, которые были запитаны только от правого (отказавшего) БЭ (шасси, торможение колес, интерцепторы, управление передней опорой шасси), а рулевые поверхности приводятся только от левого БЭ. Нагнетание давления в магистралях левого БЭ за счёт правого не предусмотрено.

На случай выключения всех двигателей в полёте, сопряженного с отказом электросистемы или низким зарядом аккумуляторов, предусматривается механический привод энергетических блоков гидросистемы. Для этих целей применяются ручные

насосы и устройства для преобразования энергии скоростного напора в энергию вращения ротора гидронасоса.

Ручные насосы используются на различных воздушных судах от Ан-12 до А320 и В737. Обычно ручные насосы используются для единичных операций: аварийный выпуск шасси, аварийный выпуск закрылков, открытие спасательных или грузовых люков.

Невозможно обеспечить питание гидроприводов органов первичного управления от ручных насосов из-за недостаточного расхода рабочей жидкости. Воздушные суда, управление которыми при неработающей гидросистеме невозможно или значительно затруднено, должны иметь возможность привода гидронасосов от энергии скоростного напора.

На вертолётах при полёте на режиме СНВ (самовращения несущего винта) несущий винт вращается потоком набегающего воздуха, от главного редуктора отсоединяются двигатели, неосновные потребители энергии, но приводятся хвостовой винт и насосы гидросистемы.

На самолёте Ту-154 используется вращение роторов высокого давления двигателей от набегающего потока воздуха. На большинстве самолётов западного производства (А320, А330, В757, G450 и др.), а также на новых российских (SSJ100) применяется аварийная воздушная турбина (RAT – ram air turbine). Она представляет из себя двух-трёх лопастной ветряк, приводящий в движение аварийные генератор и гидронасос. В случае полного отказа гидро- или электросистемы, турбина автоматически или по команде экипажа выпускается из фюзеляжа. В большинстве конструкций механизм уборки не предусмотрен, так как уборка будет произведена вручную инженерно-техническим составом после совершения посадки.

Таким образом, есть множество способов резервирования гидросистем. Общемировая практика стремится к созданию гидросистем, имеющих несколько энергетических блоков, с возможностью резервирования электронасосами и перераспределением источников питания в полёте.

#### Библиографический список

1. Boeing 737-300/400/500 Training Manual [Текст]. – Сиэтл: Boeing, 1993 г. – 2580 с.
2. Самолет Як-42. Руководство по технической эксплуатации [Текст]. – Москва: МАП СССР, 1987 г. – 1920 с.
3. A320 Family Training Manual Airframe & Powerplant [Текст]. – Цюрих: EASA, 2004 г. – 3700 с.