

## ПРОБЛЕМЫ ИСПЫТАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ БЛОКОВ ПЕРЕДАЧИ МОЩНОСТИ

© 2024

- Н. А. Поляков** заместитель директора центра проектирования;  
Холдинг «Технодинамика», Москва;  
[polyakovna@tdhc.ru](mailto:polyakovna@tdhc.ru)
- Г. К. Фролов** аспирант кафедры прикладной гидромеханики;  
Уфимский университет науки и технологий;  
[grisha-frolov-00@mail.ru](mailto:grisha-frolov-00@mail.ru)
- В. А. Целищев** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной гидромеханики;  
Уфимский университет науки и технологий;  
[pgl.ugatu@mail.ru](mailto:pgl.ugatu@mail.ru)
- Д. В. Целищев** кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной гидромеханики;  
Уфимский университет науки и технологий;  
[nuked@mail.ru](mailto:nuked@mail.ru)

Рассмотрены назначение и принципы работы аварийной системы гражданского самолёта, включающей блок передачи мощности. Проведён анализ проблем и тенденций развития аксиально-поршневых гидромашин в авиастроении. Выполнен анализ параметров используемых блоков передачи мощности на 12 типах пассажирских самолётов. Рассмотрены сценарии выхода из строя блоков передачи мощности. Обозначены основные направления решения проблем эксплуатации, а также требования к проектированию и проведению испытаний.

*Блок передачи мощности; гидравлическая система; отказ; пассажирский самолёт; испытания; эксплуатация*

---

*Цитирование:* Поляков Н.А., Фролов Г.К., Целищев В.А., Целищев Д.В. Проблемы испытания и эксплуатации гидравлических блоков передачи мощности // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2024. Т. 23, № 3. С. 132-143. DOI: 10.18287/2541-7533-2024-23-3-132-143

На летательных аппаратах пассажирского назначения, в частности, самолётах, вместе с основной гидравлической системой для управления полётом, взлётом и посадкой самолёта используется аварийная (вспомогательная) гидросистема.

Аварийные гидросистемы самолётов различают по конструктивной разновидности, по виду резервных источников питания, по типу передачи сигналов на рабочие органы. Разные компании используют разные способы гидропитания аварийных систем: аварийные электрические насосы, ручные насосы, гидроаккумуляторы, насосы, жёстко связанные с гидромоторами через вал, воздушные турбины. В настоящей статье рассматриваются блоки передачи мощности (Power Transfer Unit, далее PTU), состоящих из двух аксиально-поршневых гидромашин, соединение которых является механическим, т.е. передача гидравлической жидкости между гидравлическими системами при работе блока передачи мощности отсутствует.

Блоки передачи мощности могут быть однонаправленные, в которых мощность передаётся из работоспособной гидросистемы в отказавшую гидросистему, и двунаправленные, в которых мощность может передаваться в обоих направлениях.

В настоящее время наибольшее распространение получили блоки передачи мощности с электроуправлением по проводам (Fly-By-Wire) или механическим управлением по перепаду давлений в резервируемых гидросистемах. Например, в самолёте SSJ-100 блок передачи мощности передаёт её на контур управления выпуском шасси

самолёта, как одного из наиболее ответственных узлов. Упрощённая схема включения блока передачи мощности в гидросистеме самолёта SSJ-100 представлена на рис. 1.

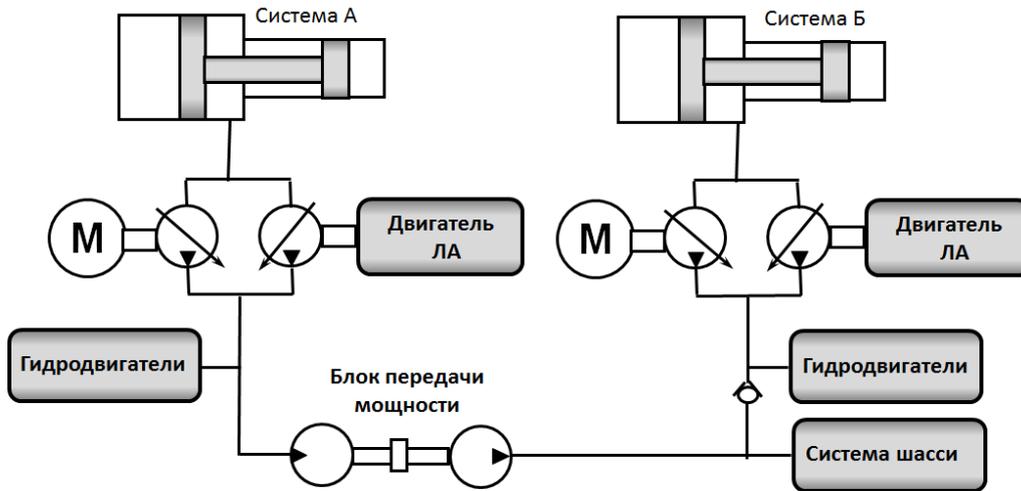


Рис. 1 Схема включения блока передачи мощности в гидросистему самолёта SSJ-100

Представленная на рис. 1 гидравлическая система состоит из двух независимых гидравлических централизованных подсистем и одной аварийной подсистемы. Основными насосами системы А и системы Б являются насосы с приводом от двигателя самолёта. Резервными насосами являются насосы с приводом от электродвигателей (М). В случае выхода из строя насосной группы системы Б для обеспечения аварийного выпуска шасси задействуется блок передачи мощности.

Блок передачи мощности состоит из двух нерегулируемых аксиально-поршневых гидромашин: гидромотора и жёстко связанного с ним валом насоса. При работе гидравлическая энергия системы А приводит во вращение гидромотор блока передачи мощности, который в свою очередь приводит во вращение ротор насоса. Насос, используя рабочую жидкость системы Б, создаёт давление питания для работы гидродвигателей выпуска шасси и заставляет их работать со скоростью, обеспечиваемой подачей насоса.

Гидромотор имеет характерный рабочий объём немного больший, чем насос, чтобы компенсировать механические потери внутри устройства при поддержании давления в системе. Корпуса гидромашин имеют дренажные порты для отвода утечек, охлаждения, отвода расхода холостого хода обратно в бак.

Включение в работу блока передачи мощности осуществляется специальным клапаном включения (рис. 2) автоматически или принудительно по сигналу управления. Существуют различные сценарии включения РТУ. Для ограничения количества отбираемой от гидросистемы А жидкости для работы гидромотора используют ограничитель расхода. Данный ограничитель расхода не учитывает реальные потребности гидродвигателей шасси и ограничивает лишь максимально допустимый отбор рабочей жидкости. Блок передачи мощности встраивается в гидросистемы совместно с несколькими обратными клапанами, обеспечивающими работоспособность системы и незначительное поддавливание в портах блока во избежание разрежения и появления кавитации в насосе.

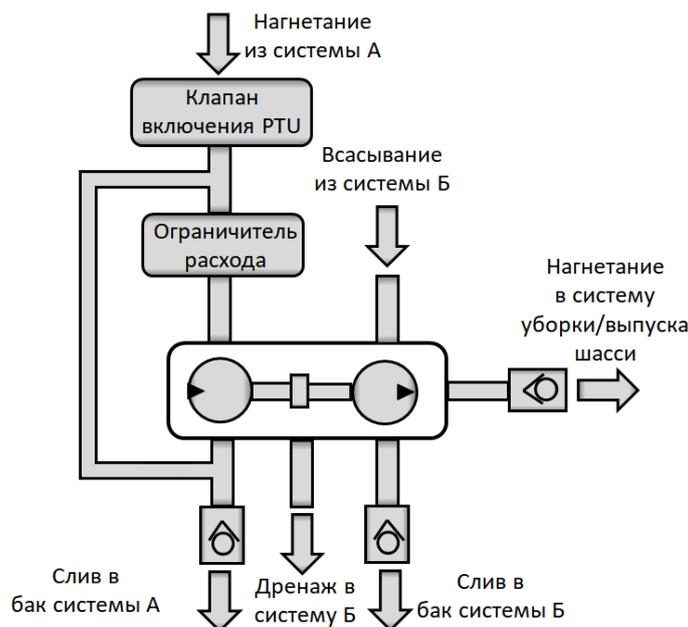


Рис. 2. Схема включения блока передачи мощности в гидросистему самолёта

Следует заметить, что объёмные гидравлические машины являются основными силовыми элементами в гидравлических системах гражданских самолётов. Насосы преобразуют механическую энергию в гидравлическую, передавая мощность на приводы для управления положением самолёта в полёте, втягивания и выдвигания шасси и их торможения. В блоке передачи мощности гидромотор выполняет функцию привода насоса.

Благодаря своей компактной и простой конструкции, аксиально-поршневые насосы с наклонным диском наиболее востребованы в авиации и способны работать при чрезвычайно высоких давлениях и скоростях, сохраняя при этом высокий общий КПД.

Высокоскоростные авиационные аксиально-поршневые насосы сталкиваются со многими проблемами: кавитацией, вызванной низким давлением на входе, сильной пульсацией и шумом, а также заклиниванием вращающихся компонентов. Эти нежелательные явления могут снизить КПД гидромашин и увеличить скорость износа деталей, что в конечном итоге приведёт к сокращению срока службы гидромашин. Кроме того, компактная конструкция агрегатов авиационной гидравлической системы не обеспечивает достаточное рассеивание тепла, что может вызвать быстрое повышение температуры рабочей жидкости и сбой работы исполнительных гидродвигателей и гидроагрегатов.

Вместе со значительными преимуществами перед промышленными гидромашинными по массогабаритным параметрам, насосы и гидромоторы, используемые в авиационных гидросистемах, имеют недостатки, связанные с работой аксиально-поршневых гидромашин на сравнительно высокой частоте вращения роторов. Это влечёт за собой следующие проблемы:

- ухудшается стабильность вращающихся и перемещающихся элементов блока цилиндров гидромашин, что может привести к ускоренному износу и увеличению внутренних утечек;
- возрастает сложность управления рабочим объёмом насоса;
- на наклонную шайбу (диск) влияет пульсирующий крутящий момент узла регулятора объёма гидромашин, который заставляет наклонный диск вибрировать с высокой частотой;

- рабочая жидкость не может быстро заполнить полость плунжера блока цилиндров в период всасывания при большой частоте вращения блока, что может привести к излишнему разрежению во всасываемом потоке жидкости и возникновению кавитации;
- высокая скорость перемещения плунжеров и высокая температура рабочей жидкости снижают толщину масляной плёнки между плунжером и наклонным диском, увеличивая внутренние утечки и вызывая поверхностный износ диска.

Наибольшее распространение в пассажирских самолётах получили блоки передачи мощности, состоящие из двух аксиально-поршневых гидромашин производства Parker Aerospace и Eaton-Vickers.

Блок передачи мощности PTU Parker Aerospace (рис. 3) используется в различных коммерческих и военных самолётах, например таких, как Embraer 170/190, Bombardier CRJ-700/900, COMAC ARJ-21, Mitsubishi Regional Jet, Bombardier C Series, Boeing 737, семействе бизнес-джетов Gulfstream, Боинг С-17 и КС-10 [1].



Рис. 3. Блок передачи мощности Parker Aerospace [1]

Компания Eaton-Vickers – одна из крупнейших мировых компаний по производству гидравлики, в том числе по производству блоков передачи мощности. Модель РТУ МРНВ3-115-1С (рис. 4) устанавливается на самолёты Airbus А319/А320/А321. Блок передачи мощности является реверсивным и в зависимости от направления передачи мощности, каждый блок по очереди работает либо как мотор, либо как насос [2].



Рис. 4. Блок передачи мощности Eaton – Vickers модель МРНВ3-115-1С [2]

Для компенсации объёмных утечек, гидравлических и механических потерь в гидромоторе, как устройстве привода насоса в блоке передачи мощности, характерный рабочий объём гидромотора превышает соответствующий объём насоса. Под характерным рабочим объёмом гидромашин понимается значение рабочего объёма насоса  $V_n$  (гидромотора  $V_m$ ), приходящееся на один радиан поворота ротора гидромашин.

В определённом смысле соотношение рабочих объёмов гидромашин  $V_n/V_m$  свидетельствует о степени совершенства блока передачи мощности.

В табл. 1 представлены характеристики и результаты расчётов РТУ некоторых пассажирских самолётов, которые позволили определить конструктивные и энергетические параметры, требующие систематизации и анализа [3; 4].

Таблица 1. Характеристики блоков передачи мощности некоторых пассажирских самолётов [3; 4]

Самолёт	Характерный объём гидромотора $V_m, 10^{-6} \text{ м}^3/\text{рад}$ / характерный объём насоса $V_n, 10^{-6} \text{ м}^3/\text{рад}$	Расход насоса $Q_n, \text{ л/мин}$ / давление нагнетания насоса $P_{\text{наг}}, \text{ МПа}$	Расход гидромотора $Q_m, \text{ л/мин}$	Давление гидромотора $P_m, \text{ МПа}$	Давление насоса, при нулевой подаче $P_n, \text{ МПа}$	Момент на гидромоторе $M_m, \text{ Нм}$	Мощность гидромотора $N_m, \text{ кВт}$ / мощность насоса $N_n, \text{ кВт}$
<b>Однонаправленный блок передачи мощности</b>							
McDonnell Douglas DC-10 / ND-11	1,23/1,13	21,29 / 17,9	23,17	20,0	21	24,6	7,723 / 6,352
Boeing 757	4,00 / 3,65	68,77 / 15,0	75,36	17,2	21	68,8	21,603 / 17,193
Gulfstream 11	1,73 / 1,57	44,36 / 20,0	48,89	20,7	21	35,8	16,867 / 14,787
Airbus A-300	4,00 / 3,46	32,59 / 20,7	37,68	20,7	22	82,8	13,000 / 11,244
Boeing 767	0,25 / 0,21	7,91 / 8,6	9,42	11,2	21	3	1,758 / 1,134
Boeing 727,747	0,25 / 0,21	7,91 / 20,7	9,42	20,7	21	5	3,250 / 2,729
SSJ-100	4,62 / 3,25	31,2 / 15,2	43,5	18,6	22	86	13,485 / 7,904
Boeing 737	0,81 / 0,63	23,7 / 16,6	30,5	16,9	21	13,7	8,591 / 6,557
<b>Двунаправленный (реверсивный) блок передачи мощности с изменяемым рабочим объёмом</b>							
McDonnell Douglas DC-10 / MD-11	5,00/4,46...5,50	42,0 / 19,3	47,1	20,7	21	103,5	16,250 / 13,510
Boeing C-17A	3,15/2,62...3,66	24,7 / 25,5	29,7	27,5	21	86,6	13,613 / 10,498
Airbus A-320	2,10/1,5...2,62	44,4 / 20,0	60	20,7	22	43,47	20,700 / 14,800

В случае двунаправленных блоков передачи мощности с регулируемой гидромашинной (рис. 5) одна из гидромашин способна к изменению характерного рабочего объёма по команде. Левая реверсивная гидромашинная блок передачи мощности преобразует гидравлическую энергию системы А в механическую энергию привода насоса (правая гидромашинная) для обеспечения работы гидродвигателей шасси в аварийном режиме (рис. 5, а). При этом правая реверсивная регулируемая гидромашинная, работающая в режиме насоса, выводится на минимальный рабочий объём. Регулятор изменения характерного рабочего объёма гидромашинной на рис. 5 не показан. Как правило, регулятор двухрежимный. Когда давление в обеих системах примерно одинаковое, блок двунаправленной передачи мощности не вращается и остаётся в состоянии ожидания.

В случае выхода из строя системы А по команде осуществляется включение правой гидромашины (рис. 5, б). Правая гидромашина с помощью регулятора увеличивает рабочий объём до максимального значения, и, работая в режиме гидромотора, приводит во вращение левую гидромашину, начинающую работать в режиме насоса. Блок передачи мощности в этом случае реверсирован, но характерный рабочий объём гидромотора по-прежнему превышает объём насоса для компенсации потерь энергии. Следует отметить, что вопрос согласования параметров работы гидромашин в регулируемом блоке передачи мощности при различной нагрузке со стороны потребителей недостаточно рассмотрен в научно-технической литературе.

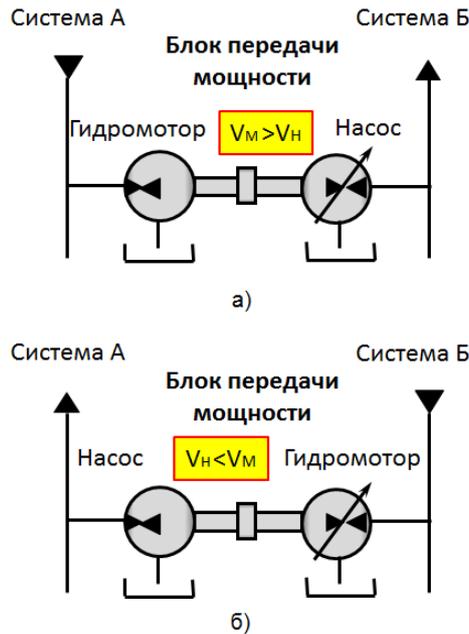


Рис. 5. Особенности работы двунаправленного блока передачи мощности

Анализ параметров используемых блоков передачи мощности на 12 типах пассажирских самолётов показал следующее:

- характерный объём гидромоторов  $V_M$  изменяется в пределах  $(0,25...5) \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{рад}$ , или от 3,98 до 79,62  $\text{см}^3$  за оборот, т.е. в 20 раз;
- обороты жёстко связанных между собой гидромашин изменяются в зависимости от типа РТУ от 1500 до 4500 об/мин., тем самым формируя различные условия характера перемещения плунжеров гидромашин;
- расход жидкости через гидромотор работоспособной подсистемы самолёта по разным моделям РТУ варьируется в пределах 9,42...75,36 л/мин, что создаёт 15-кратную разницу в передаваемой мощности при сравнении самого мощного и самого слабого насосов в рассматриваемых самолётах Boeing 757 и 767 соответственно;
- расход жидкости насоса, направленной в аварийном режиме, как правило, к гидроцилиндрам основных опор шасси для обеспечения их уборки/выпуска, составляет от 7,91 до 68,77 л/мин. с разницей почти в 8,7 раз, что свидетельствует об отсутствии единых подходов к проектированию гидросистемы самолёта;
- для обеспечения работоспособности гидродвигателей основных опор шасси под действием нагрузок различного характера насос при нулевой подаче способен создать давление в 21 МПа;

- момент, развиваемый гидромотором для привода насоса, весьма незначителен и составляет от 3 до 103,5 Нм, он различается в применяемых РТУ пассажирских самолётов в 34,5 раза;

- мощность, отбираемая от двигателей самолёта в аварийной ситуации для обеспечения работы блока передачи мощности, составляет от 1,75 до 21,6 кВт, т.е. более чем в 12 раз, что также свидетельствует об отсутствии единых подходов к проектированию гидросистемы самолёта.

Таким образом, результаты анализа параметров используемых блоков передачи мощности на 12 типах пассажирских самолётов показали большой разброс характеристик.

Эффективность крутящего момента блока передачи мощности является одним из самых важных параметров РТУ. Эффективность крутящего момента – это показатель, определяемый как отношение давления на гидромоторе к давлению, создаваемому насосом (рис. 6). Поскольку РТУ очень редко используется в системах с непрерывным режимом работы, то его общая эффективность, учитывающая преобразование энергетических потерь в отвод тепла, имеет второстепенное значение.

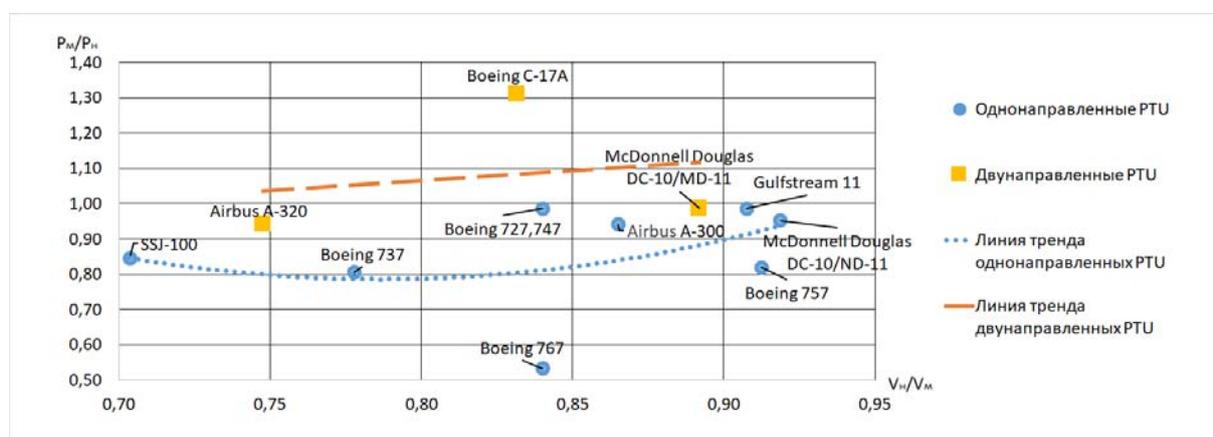


Рис. 6. Эффективность крутящего момента блока передачи мощности

Значительное количество рассматриваемых блоков передачи мощности по параметру эффективности крутящего момента на гидромоторе  $P_M/P_H$  находятся в пределах 0,8...0,99.

Уравнения, которые количественно определяют взаимосвязи параметров РТУ, приведены ниже:

$$M_{ТН} = \frac{P_H V_H}{2\pi}; M_{ТМ} = \frac{P_M V_M}{2\pi}; \eta_H = \frac{M_{\phi H} 100}{M_{ВХН}}; \eta_M = \frac{M_{\phi M} 100}{M_{ВХМ}},$$

где  $M_{ТН}$  – теоретический момент насоса;  $P_H$  – давление насоса;  $V_H$  – характерный объём насоса;  $M_{ТМ}$  – теоретический момент гидромотора;  $P_M$  – давление гидромотора;  $V_M$  – характерный объём гидромотора;  $\eta_H$  – КПД насоса;  $M_{\phi H}$  – фактический момент, развиваемый насосом;  $M_{ВХН}$  – момент, необходимый для стабильной работы насоса;  $\eta_M$  – КПД гидромотора;  $M_{\phi M}$  – фактический момент, развиваемый гидромотором;  $M_{ВХМ}$  – момент, необходимый для стабильной работы гидромотора.

Предполагается, что фактический входной крутящий момент насоса равен фактическому выходному крутящему моменту гидромотора вследствие их жёсткой связи между собой через вал.

Общий КПД блока передачи мощности можно представить выражениями:

$$\eta_{PTU} = \eta_n \eta_m;$$

$$\eta_{PTU} = \frac{P_n V_n}{P_m V_m},$$

где  $\eta_{PTU}$  – общий КПД блока передачи мощности.

Также были вычислены относительные мощности блоков передачи мощности. Итоги расчётов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчётов относительных мощностей PTU

№	Тип самолёта	Относительная мощность PTU, $\frac{N_n}{N_m}$	Относительный характерный рабочий объём гидромашин, $\frac{V_n}{V_m}$
1.	McDonnell Douglas DC-10/ND-11	0,82	0,92
2.	Boeing 757	0,8	0,91
3.	Gulfstream 11	0,88	0,91
4.	Airbus A-300	0,86	0,87
5.	Boeing 767	0,65	0,84
6.	Boeing 727,747	0,84	0,84
7.	SSJ-100	0,59	0,70
8.	Boeing 737	0,76	0,78
9.	McDonnell Douglas DC-10/MD-11	0,83	0,89
10.	Boeing C-17A	0,77	0,83
11.	Airbus A-320	0,71	0,75
	Среднее значение	0,77	0,84

Была выявлена зависимость соотношения относительных мощностей блоков передачи мощности для разных самолётов, которая представлена на рис. 7. Из графиков видно, что при увеличении относительного характерного рабочего объёма гидравлических машин растёт и КПД блока передачи мощности. Это характерно как для одно-, так и для двунаправленных PTU.

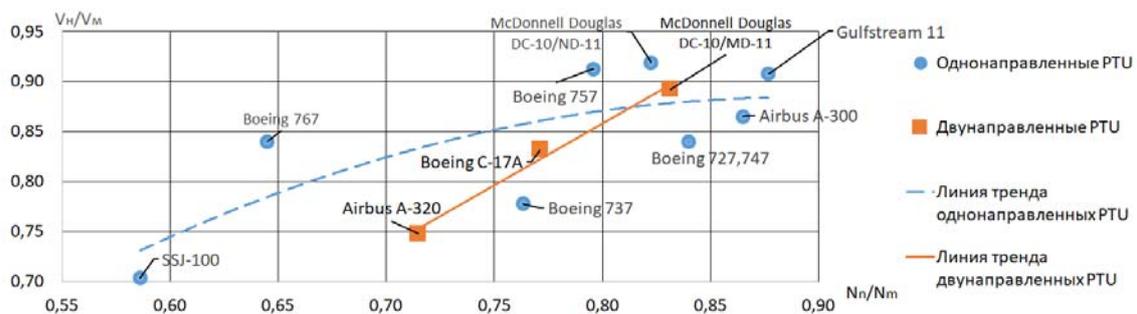


Рис. 7. Зависимость относительной мощности блоков передачи мощности от относительного характерного рабочего объёма

На рис. 8 представлена диаграмма, описывающая зависимость мощностей блоков передачи мощности, предназначенных для выпуска/уборки основного шасси, от взлётной массы самолётов  $m_{взл}$ . Очевидно, что чем больше масса самолёта, тем более значительные нагрузки испытывает шасси и тем более мощные гидродвигатели требуются для обеспечения их работы. Однако, наблюдается обратно пропорциональная зависимость между взлётной массой самолёта и планируемыми усилиями, затрачиваемыми PTU для выпуска/уборки основного шасси. Например, в самолёте Boeing 757 массой свыше 100 т, на привод PTU затрачивается около 22 кВт мощности при аварийной ситуации, а у самолёта типа Boeing 747 с массой более, чем в 3 раза превышающей массу Boeing 757, на привод PTU задействовано в 7 раз меньше мощности.

При сравнении мощность PTU и взлётной массы самолёта наихудшими параметрами обладает самолёт Gulfstream 11, а наилучшей – самолёты Boeing 727 и Boeing 747.

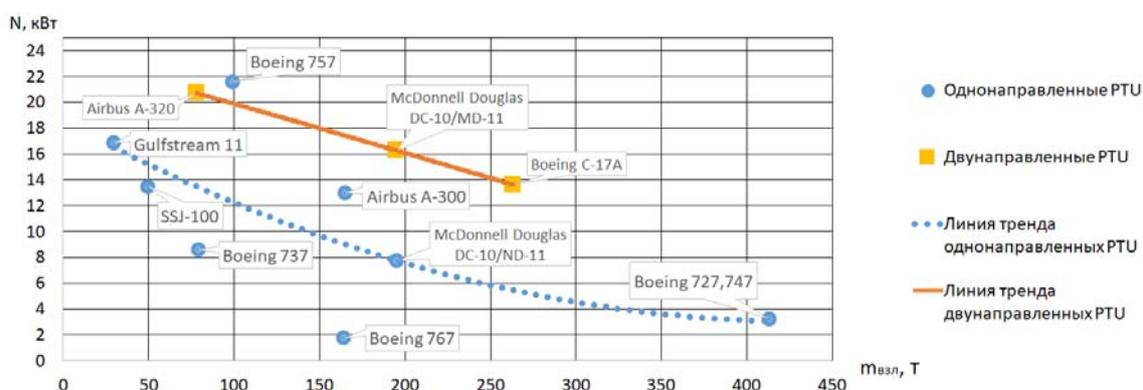


Рис. 8. График зависимости мощности PTU от взлётной массы самолётов

Блоки передачи мощности в гидросистемах пассажирских самолётов эксплуатируются уже более 50 лет. В ходе эксплуатации выявлен ряд особенностей в работе блока передачи мощности. В частности, при рулении, постановке на стоянку или перед взлётом и даже во время взлёта отмечается своеобразный шум, издаваемый блоком передачи мощности [5]. Блок зачастую автоматически включается в полёте, если перепад давлений между двумя основными гидравлическими системами самолёта превышает значение в 3,4 МПа. В случае использования двунаправленного блока передачи мощности (самолёт типа Airbus A320), когда обе главные гидросистемы могут запрашивать блок передачи мощности, на земле, когда двигатели остановлены, PTU создаёт давление в одной гидросистеме только с помощью насоса с электрическим приводом, установленного в другой гидросистеме. В этот момент отчётливо слышна работа PTU.

Также в процессе руления один из двигателей может быть отключён, что приводит к активации PTU вследствие падения давления в пассивной гидросистеме. При постановке самолёта на стоянку аварийный насос одной из систем может быть обесточен ранее, чем выключен двигатель, что также приводит к активации PTU.

Все это вызывает работу PTU на неустановившихся режимах, что обычно не исследуется при проведении ресурсных испытаний изготовителем.

Ещё одной проблемой эксплуатации PTU являлся возможный одновременный выход из строя обоих резервирующих друг друга с помощью PTU гидросистем в самолётах Airbus [6].

Сценарий выхода из строя сразу двух гидравлических систем вследствие выхода из строя РТУ был следующим: во время взлёта вследствие повреждения произошла потеря герметичности в системе выпуска и уборки шасси, что привело к падению давления в соответствующей гидросистеме и созданный перепад давления более 3,4 МПа активировал РТУ. При этом РТУ оставался включённым и длительно работал на максимальной частоте вращения. Это происходило, поскольку жидкости в гидросистеме, потерявшей герметичность, было недостаточно, давление в системе не создавалось. И менее чем за две минуты РТУ, вращающийся без нагрузки с максимальной частотой, обеспечивал критический перегрев рабочей жидкости в гидросистеме свыше 135°С, что приводило к выходу из строя обеих гидросистем. Данная проблема была решена путём автоматической блокировки включения РТУ на высотах менее 1500 футов (457 м).

Однако выход из строя обеих гидросистем по-прежнему возможен, например, при выходе из строя реле давления одной из гидросистем вследствие его засорения или коррозии.

Сценарии работы РТУ на неустановившихся режимах и при потере герметичности соответствующих гидравлических систем могут быть смоделированы с помощью программного обеспечения, а сделанные в результате выводы проверены на основе натурального физического эксперимента на специализированном испытательном оборудовании.

Испытания блоков передачи мощности должны проводиться на специализированных стендах для определения наработки до отказа и на отказ. Стенды должны иметь в своём составе соответствующие средства измерения, испытания, контроля параметров, сохранения и обработки данных. Конструкции экспериментальных стендов для испытания блоков передачи мощности должны предусматривать возможность регулирования и перерегулирования рабочего объёма аксиально-поршневых гидромашин для моделирования различных режимов работы агрегата. Стендовые испытания РТУ должны воспроизводиться с моделированием реальных нагрузок, действующих на гидродвигатели шасси: статических нагрузок на шасси самолёта (постоянная, позиционная), вызванных аэродинамическим воздействием потока воздуха на шасси при полете самолёта с постоянной скоростью на определённой высоте, а также динамических и разрушающих нагрузок от порывов ветра и столкновений с предметами в воздухе.

Основными направлениями решения проблем эксплуатации аксиально-поршневых насосов и гидромоторов, составляющих блок передачи мощности, являются: снижение массы, габаритов, потерь на трение в узлах трения, повышение ресурса и отказоустойчивости, ремонтпригодности, степени взаимозаменяемости и унификации деталей, защита от коррозии, повышение износостойкости шлицов привода и блока цилиндров, снижение пульсаций давления, повышение надёжности и долговечности уплотнений, повышение надёжности подшипников, минимизация риска повреждения уплотнений в процессе сборки [7].

Современные тенденции повышения частоты вращения роторов объёмных гидромашин, составляющих блок передачи мощности, с 1500 об/мин до 6000 об/мин, приводят к значительному сокращению массогабаритных характеристик насоса и гидромотора и, как следствие, значительному снижению потребляемой мощности РТУ при сохранении его функционального назначения [8].

Необходимость комплексных экспериментальных исследований работы РТУ совместно с гидродвигателями шасси становится особенно актуальным при использовании в гидросистеме самолёта агрегатов от различных разработчиков и изготовителей оборудования, что на сегодняшний день является нормой в авиастроении. Несмотря на то, что каждое изделие по отдельности проходит необходимые квалификационные испы-

тания, совместные испытания работы гидроагрегатов, функционирующих в условиях переменных как по периодичности, так и по характеру нагрузок, как правило, не проводятся.

### Библиографический список

1. Power transfer unit (PTU). <https://ph.parker.com/us/en/power-transfer-unit-ptu/hsdpwrtu-hsdpwrtu>
2. Power transfer units. <https://www.eaton.com/us/en-us/catalog/aerospace-hydraulic-pumps-systems/power-transfer-units.html>
3. SAE ARP1280. Aerospace recommended practice. [https://www.antpedia.com/standard/pdf/V29/1705/SAE%20ARP%201280B-2009\\_3129.pdf](https://www.antpedia.com/standard/pdf/V29/1705/SAE%20ARP%201280B-2009_3129.pdf)
4. Watton J. Performance of a power transfer unit for aircraft applications // Proceedings of the JFPS International Symposium on Fluid Power. 2008. Iss. 7-1. P. 155-160. DOI: 10.5739/isfp.2008.155
5. What causes the «Barking Dog» sound on the A320? <https://www.pilotgeorge.co.uk/blog/post/what-causes-the-barking-dog-sound-on-the-a320-power-transfer-unit-ptu/>
6. Zhang W.G., Lin G.M. Analysis of aircraft hydraulic system failures // Advanced Materials Research. 2014. V. 989-994. P. 2947-2950. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.989-994.2947
7. Поляков Н.А., Соловьёва А.А., Целищев В.А. Концепция развития блоков передачи мощности в гидросистеме гражданского самолёта // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. 2021. № 67. С. 5-15. DOI: 10.15593/2224-9982/2021.67.01
8. Поляков Н.А., Соловьёва А.А., Целищев В.А. Тенденции развития гидросистем летательных аппаратов // Сб. трудов XXV Международной научно-технической конференции «Гидравлические машины, гидроприводы и гидроавтоматика» (08 декабря 2021 г., Москва). М.: Мир науки, 2021. С. 181-185.

### PROBLEMS OF TESTING AND OPERATION OF HYDRAULIC POWER TRANSFER UNITS

© 2024

- N. A. Polyakov** Deputy Director of the Design Center;  
Technodinamika Holding Company, Moscow, Russian Federation;  
[polyakovna@tdhc.ru](mailto:polyakovna@tdhc.ru)
- G. K. Frolov** Postgraduate Student, Department of Applied Hydromechanics;  
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation;  
[grisha-frolov-00@mail.ru](mailto:grisha-frolov-00@mail.ru)
- V. A. Tselischev** Doctor of Science (Engineering), Professor, Head of the Department  
of Applied Hydromechanics;  
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation;  
[pgl.ugatu@mail.ru](mailto:pgl.ugatu@mail.ru)
- D. V. Tselischev** Associate Professor, Department of Applied Hydromechanics;  
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation;  
[nuked@mail.ru](mailto:nuked@mail.ru)

The purpose and principles of operation of a civil aircraft emergency system including a power transfer unit are considered. Problems and trends of the development of piston hydraulic machines in aircraft construction are analyzed. The parameters of power transfer units used on 12 types of passenger airplanes are analyzed. The scenarios of failure of power transmission units are considered. The main directions of solving the problems of operation, as well as the requirements to design and testing are outlined.

*Power transfer unit; hydraulic system; failure; passenger airplane; testing; operation*

---

*Citation:* Polyakov N.A., Frolov G.K., Tselishev V.A., Tselishev D.V. Problems of testing and operation of hydraulic power transfer units. *Vestnik of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering*. 2024. V. 23, no. 3. P. 132-143. DOI: 10.18287/2541-7533-2024-23-3-132-143

## References

1. Power transfer unit (PTU). Available at: <https://ph.parker.com/us/en/power-transfer-unit-ptu/hsdpwrtu-hsdpwrtu>
2. Power transfer units. Available at: <https://www.eaton.com/us/en-us/catalog/aerospace-hydraulic-pumps-systems/power-transfer-units.html>
3. SAE ARP1280. Aerospace recommended practice. Available at: [https://www.antpedia.com/standard/pdf/V29/1705/SAE%20ARP%201280B-2009\\_3129.pdf](https://www.antpedia.com/standard/pdf/V29/1705/SAE%20ARP%201280B-2009_3129.pdf)
4. Watton J. Performance of a power transfer unit for aircraft applications. *Proceedings of the JFPS International Symposium on Fluid Power*. 2008. Iss. 7-1. P. 155-160. DOI: 10.5739/isfp.2008.155
5. What causes the «Barking Dog» sound on the A320? Available at: <https://www.pilotgeorge.co.uk/blog/post/what-causes-the-barking-dog-sound-on-the-a320-power-transfer-unit-ptu/>
6. Zhang W.G., Lin G.M. Analysis of aircraft hydraulic system failures. *Advanced Materials Research*. 2014. V. 989-994. P. 2947-2950. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.989-994.2947
7. Polyakov N.A., Solovyeva A.A., Tselishev V.A. Concept of power transfer units development in civil aircraft hydraulic system. *PNRPU Aerospace Engineering Bulletin*. 2021. No. 67. P. 5-15. (In Russ.). DOI: 10.15593/2224-9982/2021.67.01
8. Polyakov N.A., Solov'eva A.A., Tselishchev V.A. Tendentsii razvitiya gidrosistem letatel'nykh apparatov. *Sb. trudov XXV Mezhdunarodnoy Nauchno-tehnicheskoy Konferentsii «Gidravlicheskie Mashiny, Hidroprivody i Gidroavtomatika» (December, 08, 2021, Moscow)*. Moscow: Mir Nauki Publ., 2021. P. 181-185. (In Russ.)