

РУЛЕВОЙ ПРИВОД САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

П. В. ПОТЕРЯХИНА¹, В. А. ЦЕЛИЩЕВ²

¹poteryakhina.polina@yandex.ru, ²pgl.ugatu@mail.ru

^{1,2}ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

Аннотация. В статье затрагивается тема гидравлических приводов самолётов гражданской авиации. Описаны виды приводов управления рулевыми поверхностями, применяемые на летательных аппаратах с начала истории развития авиации. Приведена классификация привода руля высоты гражданского самолёта. Основное содержание исследования составляет анализ проблем, существующих в работе самолёта, касающихся рулевых поверхностей, и приведены возможные пути их решения. Также уделяется внимание раскрытию вопроса главных перспектив в создании преимущественно новых гидравлических приводов отклонения рулевых поверхностей современного самолёта.

Ключевые слова: электрогидравлический привод, руль высоты, система управления, летательный аппарат, резервирование, питание гидросистем, рабочая жидкость.

ВВЕДЕНИЕ

Системы управления рулевыми поверхностями летательных аппаратов нуждаются в постоянной доработке, модернизации конструкции. Это связано с развитием авиации в целом. Также конкуренция на рынках сбыта авиационной техники способствует инженерам-конструкторам совершенствовать технологии и методики разработки новых агрегатов и их принципов работы, материалов и самих систем управления обновлёнными рулевыми приводами, что приводит к повышению эффективности, надёжности в эксплуатации, понижению себестоимости и безопасности всей конструкции. [1]

Рулевой привод предназначен для отклонения определённой рулевой поверхности летательного аппарата. Одним из таких приводов является гидропривод руля высоты, работающий для отклонения части хвостовой поверхности самолёта. Максимальный угол составляет 27 градусов.

В настоящей истории известны следующие типы рулевых приводов, применяемых на самолётах:

1. Механический привод, содержащий в себе рычажные передачи, качалки тросы и многое другое, но отличающийся своей надёжностью.

2. Гидромеханический следящий привод (бустер), созданный во времена увеличения скорости полета, когда силы рук пилотов уже не хватало для отклонения рычагов механического рулевого привода. Данный тип привода является совокупностью механического привода с гидравлическим следящим приводом.

3. Электрогидромеханический привод, который способен в большей степени проявить преимущества гидропривода, получая надёжность системы управления и стабильность характеристик при низкой избыточности элементов привода.

4. Многоканальный электрогидравлический привод, обладающий высокой чувствительностью, высокой безотказностью компонентов, быстродействием, достаточным техническим ресурсом и энергоемкостью исполнительных механизмов.

5. Электродистанционный привод, позволяющий снизить расход топлива, массу, повысить грузоподъемность и экологичность самолета.

6. Электروهидростатический привод преобразует электрическую энергию в механическое перемещение выходного звена. Включает в себя электропривод с гидростатической передачей (гидроцилиндр и нерегулируемый реверсивный насос). Преимуществом такого привода является понижение технического риска перехода на электрические приводы [1].

Также ведутся разработки новых видов рулевых приводов, направленные на снижение стоимости конструкции и затрат на обслуживание всего самолета, увеличение максимального КПД гидропривода, повышение ресурса за счёт разгрузки привода (слабого нагружения) и уменьшение среднего энергопотребления системы привода во время полета.

Целью данной статьи является разработка классификации рулевого привода самолета, а также анализ проблем в работе привода и перспективы по его модернизации.

КЛАССИФИКАЦИЯ РУЛЕВОГО ГИДРОПРИВОДА

Классификация составляется на основе результатов анализа научно-технической литературы.

На рис. 1 представлена разработанная классификация рулевого гидропривода гражданского самолета, в частности, гидропривода руля высоты.

Как известно, на летательных аппаратах установлено порядка 20 рулевых приводов различного назначения. Принцип работы и функциональные гидравлические схемы каждого из них являются практически идентичными, типовыми. Следовательно, классификация (рис.1), разработанная для гидропривода руля высоты, является актуальной и для других гидроприводов.

Питание гидросистем. Большинство гражданских самолетов имеют централизованные гидравлические системы (чаще всего 2 или 3 системы). Такие системы обеспечивают питанием все гидравлические приводы.

Но с 60-х гг. 20 века в некоторых самолетах применялись автономные гидроприводы, представляющие собой единый блок с исполнительными устройствами (гидроцилиндры) и собственным источником питания (насос). В настоящее время часть современных самолетов вновь вернулись к использованию такого вида гидропривода с целью решения данным способом ряд вопросов электрофикации самолета и улучшения его работы.

Электروهидравлический усилитель (ЭГУ) в гидроприводе предназначен для преобразования управляющего электрического сигнала малой мощности в электромеханическом преобразователе в поворот управляющего элемента первого каскада усиления на угол не более 1 градуса [2].

Усилитель типа «сопло-заслонка» отличается высоким быстродействием, чувствительностью, хорошей надежностью и отсутствием пар трения. Применяется данный тип в качестве первого каскада гидроусилителей.

Рассматривая гидроусилители мощности золотникового типа, можно отметить их относительно высокий КПД, симметричность статических характеристик и сил, действующих на золотник, также малые показатели утечек по расходу и дрейф руля при изменении температуры и давления питания [3].

Наряду с гидроусилителем «сопло-заслонка» в первом каскаде гидропривода применяется усилитель «струйная трубка», который обладает малой чувствительностью к загрязнениям рабочей жидкости, высокими энергетическими характеристиками и чувствительностью к управляющим сигналам, также надежен в эксплуатации, является несложным в изготовлении, не имеет активных отказов и трущиеся части в зоне распределения потоков жидкости.

Помимо типа гидравлического усилителя существует и разнообразие его по количеству каскадов усилителя. Различают одно-, двух- и многокаскадные гидроусилители (ГУ).

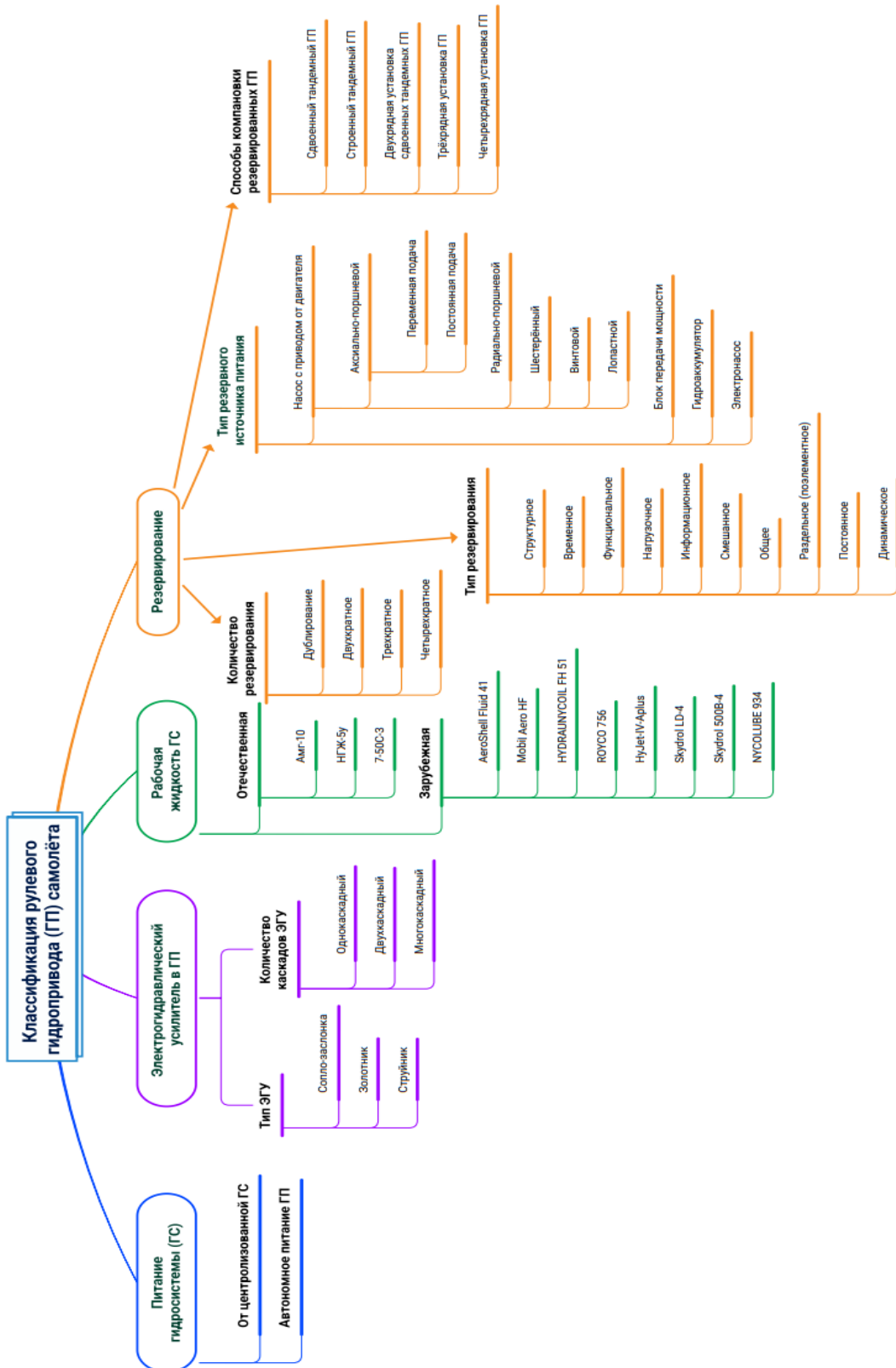


Рис. 1. Классификация рулевого гидропривода гражданского самолёта

В однокаскадном скорость перемещения рабочего агрегата пропорциональна величине смещения золотника (золотниковый гидроусилитель).

Двухкаскадный ЭГУ появился в следствие ухудшения динамических характеристик электромеханического преобразователя, а также увеличения масса-габаритных параметров преобразователя.

Из многокаскадных ГУ наибольшее применение нашли именно трёхкаскадные усилители. Они применяются в тех случаях, когда не обеспечивается необходимый расход для управления распределительным золотником.

Рабочая жидкость гидросистемы подбирается таким образом, чтобы она соответствовала требованиям пожаро-взрывобезопасности, долговечности, стабильности физико-химических характеристик. Существуют ряд рабочих жидкостей отечественного и зарубежного производства. Из отечественных жидкостей больше всего выделяются АМГ-10 (температурный режим работы от -65° до $+125^{\circ}$, максимально до $+150^{\circ}$, но в небольшой интервал времени) и НГЖ-5у (температурный режим аналогичен первой жидкости) [4].

Резервирование в любом летательном аппарате крайне необходимо для обеспечения достаточного уровня безопасности в полёте. На современных авиалайнерах успешно применяется трёх-, четырехкратное резервирование.

Резервирование систем самолёта, как правило, достигается за счет использования нескольких разных источников питания: насос с приводом от двигателя, блок передачи мощности (БПМ), гидроаккумуляторы и электронасос.

Помимо источников питания, резервирование осуществляют не только различными механическими компоновками гидроприводов, но и видами резервирования.

Например, функциональное резервирование, которое предполагает передачу функций одного отказавшего элемента другому. Таким образом происходит частичная потеря эффективности привода, но не полный его отказ.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РУЛЕВОГО ГИДРОПРИВОДА САМОЛЕТА

Проблемы в гидросистемах летательного аппарата начинаются с проблемы в размере и массе. Для решения данной проблемы можно вернуться к использовавшимся ранее автономным приводам, как это делают на самолетах, например, компании Airbus и Boeing. Такой вид привода позволяет отказаться от длинных трубопроводов, обеспечивающих питанием практически через всю длину самолета. Также современные автономные приводы обладают высокой статической и динамической жесткостью.

Также представленная проблема решается путём увеличения давления в гидросистеме до значений в 35 и 56 МПа. Для того чтобы гидросистему можно было перевести на повышенное давление, перед конструкторами встает вопрос об изготовлении источников питания, способных развивать такое давление в гидросистеме.

Подобные насосные станции были недавно разработаны и испытаны. В них система управления параметрами насоса осуществляется с помощью микропроцессора, подключенного к компьютерной системе управления полётом. Такие насосные станции называются интеллектуальными.

Изобретение электрогидростатического привода позволило избежать некоего риска в переходе к более электрофицированным приводам, но у такого вида привода есть ряд недостатков, таких как:

- масса-габаритные характеристики;
- жесткость гидроцилиндра проигрывает гидравлическому приводу;
- чувствительность привода;
- точность отработки сигналов.

Но все эти недостатки задают дальнейшее направление развития данного вида привода, и если отработать вышеперечисленные моменты, то эти приводы займут широкое распространение в современных гидросистемах самолета.

Повышение безотказности привода, уровня автоматизации, улучшение физико-механических свойств материалов и технических процессов, получение более лучших характеристик

работы привода (статические, динамические), обеспечение их стабильности, повышение скоростей и углов отклонения органов управления, увеличение демпфирующих свойств привода рулевой поверхности, снижение нагрузки при высоких частотах, всё это является направлениями развития рулевых приводов самолета [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье рассмотрены виды рулевых приводов, смысл перехода к каждому из видов.

Представлены результаты анализа научно-технической литературы с целью составления классификации рулевого гидропривода гражданского самолёта. Из рисунка можно сделать вывод о разнообразии рулевых приводов и использовать для поиска новых решений, комбинируя различные виды резервирования или электрогидравлические усилители.

Из последнего раздела можно сделать вывод о перспективах разработки гидропривода гражданского самолета:

- масса-габаритные характеристики;
- обеспечение достаточным резервированием систему для предотвращения отказов;
- повышение летно-технических характеристик;
- развитие новых технологий изготовления агрегатов гидросистемы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров А.С., Сабельников В.И., Сиденко Д.Е. Системы энергооборудования летательных аппаратов. Н.: НГТУ, 2022. 284 с.
2. Кудерко Д.А., Целищев В.А., Целищев Д.В. Перспективы развития приводов рулевых поверхностей гражданского самолета//Вестник ПНИПУ. 2021. №67. С. 70-84.
3. Типы гидроусилителей: сопло-заслонка, золотникового типа, струйный гидроусилитель [Электронный ресурс]. URL: <https://hydro-pnevmo.ru/topic.php?ID=48> (дата обращения 03.03.2023).
4. Шумилов И.С., Чурсова Л.В., Седова Л.С. Рабочие жидкости авиационных гидросистем, их свойства // Научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. Наука и образование. 2014. С. 187–226. [
5. Алексеенков А.С., Найденов А.В., Селиванов А.М. Развитие авиационных автономных электрогидравлических приводов// Вестник МАИ. 2012. Т.19 №1. С. 43–48.

ОБ АВТОРАХ

ПОТЕРЯХИНА Полина Валерьевна, маг. каф. ПГМ. Дипл. инж.-мех. по гидравл. машинам (УГАТУ, 2022). Готовит дис. о гидроприводе руля высоты гражданского самолета.

ЦЕЛИЩЕВ Владимир Александрович, проф. каф. ПГМ. Дипл. инж.-мех. по гидравл. машинам (УГАТУ, 1982). Д-р техн. наук по тепловым двигателям (УГАТУ, 2000). Иссл. в обл. систем автоматики ЛА и двигательных установок

METADATA

Title: Civil aircraft steering gear.

Affiliation: Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

Email: ¹ poteryakhina.polina@yandex.ru, ² pgl.ugatu@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 2 (28), pp. 109-113, 2023. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The article touches on the topic of hydraulic drives of civil aviation aircraft. Described are types of steering surface control drives used on aircraft since the beginning of the history of aviation development. The classification of the elevator drive of a civilian aircraft is given. The main content of the study is an analysis of the problems that exist in the operation of the aircraft regarding the steering surfaces, and possible ways to solve them are given. Attention is also paid to the disclosure of the issue of the main prospects in the creation of mainly new hydraulic drives for the deviation of the steering surfaces of a modern aircraft.

Key words: electrohydraulic drive, elevator, control system, flight up-par, redundancy, hydraulic systems power supply, operating fluid.

About authors:

POTERYAKHINA, Polina Valerevna, Postgrad. (PhD) Student, Dept. of Automated Systems. Master of Technics & Technology (UGATU, 2010).

TSELISHCHEV, Vladimir Aleksandrovich, Prof., Dept. of Applied Hydromechanics. Dipl. Mechanical Engineer for Hydraulic Machines (UGATU, 1982). Dr. of Tech. Sci. (UGATU, 2000).