

УДК 645.253

## **НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРИВОДОВ СИСТЕМ НАГРУЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ В ЛАБОРАТОРИЯХ ПРОЧНОСТИ**

Колеватов Ю.В.,  
Сабельников В.И.,  
Куликов Э.Н.,  
Серьезнов А.Н.  
ФГУП «СибНИИ им. С.А. Чаплыгина»  
Тел. (0619) 42-04-42

**Аннотация** – в статье приведены состав, технические характеристики и ряд принципиальных схем электрогидроприводов систем нагружения стендов для статических и ресурсных испытаний авиационных конструкций в лабораториях прочности. Отмечены преимущества и недостатки.

Авторами представлены результаты проведенных исследований по разработке схемных решений и оптимизации структуры электромеханического привода нагружения. Предложен способ (Патент на изобретение по заявке № 2009109027/28 (012099) от 22.03.2010) испытания летательных аппаратов на прочность электромеханическими приводами.

**Ключевые слова** – электрогидропривод, статические, ресурсные испытания, авиационные конструкции.

При создании летательных аппаратов (ЛА) в лабораторных комплексах проводятся исследования их прочности. Исследования осуществляются на специальных стендах для определения статической прочности и характеристик ресурса по условиям усталости и износа натуральных авиационных конструкций. Для создания в стендовых условиях переменных нагрузок, моделирующих реальный полет ЛА, используются многоканальные электрогидравлические приводы (ЭГП).

В последние годы концепция совершенствования ЛА следующего поколения предъявляет высокие требования к испытаниям ЛА в лабораториях прочности (ЛП), что требует дальнейшего комплексного совершенствования ЭГП и поиска принципиально новых подходов в создании и совершенствовании систем и элементов испытательных стендов.

При совершенствовании ЭГП и создании новых типов приводов необходимо решать следующие задачи: уменьшение сроков и стоимости испытаний, повышение точности и увеличение скорости воспроизведения заданных нагрузок, повышение КПД и повышение надежности испытательной техники, сокращение эксплуатационных и энергетических затрат, создание интеллектуальных систем управления, использование новой элементной базы, улучшение экологической обстановки, разработка новых перспективных способов испытаний и др.

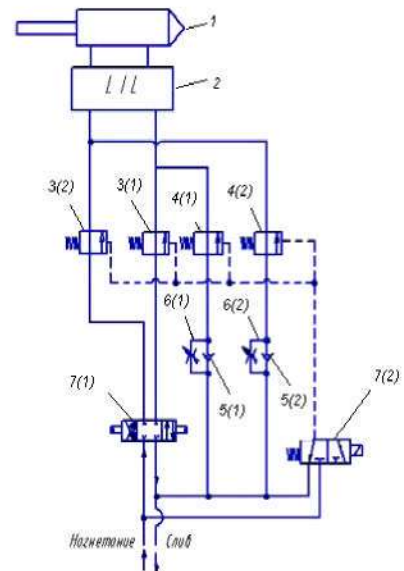
В СибНИА им. С. А. Чаплыгина электрогидроприводы используются в ЛП в течение нескольких десятилетий.

Электрогидравлические приводы включают в себя маслонасосные станции (МНС) и системы нагружения (СН).

Маслонасосные станции, используемые в лабораториях прочности для испытания самолетов отечественных (ИЛ-96, ТУ-204 и др.) и зарубежных (Боинг 747, А-380 и др.), имеют производительность от 1500 до 7700 л/мин и номинальное давление 25 МПа. В лаборатории прочности СибНИА производительность МНС равна 7200 л/мин. Во введенной в эксплуатацию в 2009 году МНС, имеющей производительность 3500 л/мин, по сравнению с существующими, автоматизированы основные технологические процессы: регулировка производительности насосов, поддержание заданной температуры масла в расходном баке, стабилизация давления во всасывающем коллекторе и др. [1].

В МНС системы управления, автоматизации и контроля построены с использованием современных микропроцессорных систем управления, сбора, обработки и регистрации информации. Использован модульный принцип монтажа гидросистемы.

Системы нагружения содержат обычно десятки каналов нагружения. На каждый канал нагрузки задаются независимо. Применяемые в ЛП модули (сервоприводы) компонуются с гидроцилиндрами одностороннего и двухстороннего действия. На рисунке 1 представлен типовой канал нагружения фирмы MTS (США). На рисунке 2 показана схема [2], применяемая в СибНИА и которая по сравнению с предыдущей имеет следующие отличительные признаки. Она позволяет при аварийных ситуациях



нагружения фирмы MTS с гидроцилиндром двухстороннего действия:  
 1 – гидроцилиндр;  
 2 – ограничитель нагрузки;  
 3(1), 3(2) – клапаны подачи;  
 4(1), 4(2) – клапаны слива;  
 5(1), 5(2) – клапаны обратные;  
 6(1), 6(2) – дроссели;  
 7(1), 7(2) – электроуправляемые усилители

осуществлять автоматическую блокировку силовозбудителей, фиксировать нагрузку и затем определять причину неисправностей или аварии. После устранения причины аварии имеется возможность без слива рабочей жидкости из системы продолжить испытания объекта. При необходимости можно разгрузить конструкцию – слить жидкость из силовозбудителей. Подобная схема применена при ресурсных прочностных испытаниях RRJ-100 в СибНИА.

Система разгрузки по схеме (рисунок 2) требует предварительной ручной регулировки дросселей 6(1) и 6(2). Для автоматизации этой технологической операции предложена схема, приведенная в патенте [3].

Рассмотренные ЭГП имеют ограничения по точности, скорости нагружения, и сравнительно низкий КПД, что приводит к значительным экономическим и временным издержкам в производстве, эксплуатации и обслуживании, усложняют экологическую обстановку. Кроме этого, при использовании в испытательных стендах ЭГП применяются две энергетические системы: гидравлическая и электротехническая, что приводит к значительному увеличению номенклатуры комплектующих изделий

При испытаниях легких самолетов и других ЛА могут быть использованы объемногидравлический и гидростатический приводы. В объемногидравлическом приводе [4] величину периодической знакопеременной нагрузки регулируют количеством жидкости, подаваемой в весовые гидравлические силовозбудители, выполненные в виде емкостей.

Гидростатические приводы [5] могут быть использованы для испытания элементов ЛА с малыми нагрузками и тонкой обшивкой (давление в камере до 2...5мм.вод.ст.) и при незначительной деформации конструкции.

Основными недостатками таких приводов являются большие габариты силовозбудителей, значительное время нагружения - разгружения, но есть и преимущества: создание малых нагрузок от 50 Н; низкое давление рабочей жидкости в системе – до 0,6 МПа; рабочая жидкость – вода; пожаробезопасность; простота конструкции, монтажа

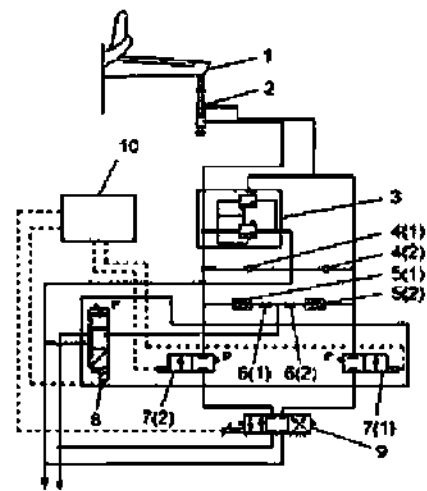


Рисунок 2. Принципиальная схема ЭГСП с гидроцилиндрами двустороннего действия:  
 1 – испытательная конструкция;  
 2 – гидроцилиндр; 3 – клапан предохранительный;  
 4(1), 4(2) – клапан обратный;  
 5(1), 5(2) – гидрозамки; 6(1), 6(2) – дроссели;  
 7(1), 7(2), 8 – гидравлические распределители;  
 9 – электрогидравлический усилитель;  
 10 – автоматическая система управления

и обслуживания; надежная и простая система защиты по нагрузке; низкая стоимость привода (в 6-10 раз меньше приводов с ЭГП).

Отмеченные выше недостатки гидравлических приводов и успехи электротехнической промышленности, достигнутые за последние годы, позволяют проводить исследования и разработки нового направления в совершенствовании приводов систем нагружения ЛА при прочностных испытаниях в ЛП.

Обзор литературных источников показал, что до настоящего времени усилия исследователей в основном были направлены на изучение и совершенствование гидравлических и пневматических методов (способов) нагружения, а электромеханические способы нагружения ЛА при прочностных испытаниях в ЛП практически не изучены и не описаны в литературе.

Концепция перехода от гидравлического привода к электромеханическому приводу создает необходимые предпосылки для существенной оптимизации систем нагружения лабораторий прочности. Использование ЭМП предусматривает переход на новую физическую основу процесса нагружения.

Такой переход кардинально изменяет систему нагружения и позволяет решать ряд новых задач по исследованию прочности конструкций.

При использовании электромеханических силовозбудителей для испытаний на прочность авиационных конструкций возможно одновременно приложение нагрузок среднечастотных (единицы, десятки Гц) воздействий с низкочастотными (десятые доли Гц) нагрузки, используемыми в настоящее время. Это не только ускорит процесс испытаний, но и значительно повысит достоверность и надежность результатов, так как в эксплуатации при полетах ЛА разные виды нагрузок действуют не отдельно, а одновременно. Кроме этого применение ЭМП дает возможность повысить точность воспроизведения заданных нагрузок, увеличить КПД, значительно сократить номенклатуру применяемого оборудования (насосы, гидробаки, гидроаппаратуру, фильтры, гидравлические коммуникации и др.), уменьшить массу и габариты, отказаться от рабочей жидкости (масла), улучшить экологическую обстановку.

Поэтому актуальными являются детальное исследование электромеханического способа нагружения при прочностных испытаниях ЛА, системный анализ его эффективности, создание инженерной методики оценки этого способа, развитие общих подходов к его разработке и экспериментальным исследованиям, подбор и разработка полноразмерной элементной базы.

В СибНИА работы по возможности использования электромеханических приводов в системах нагружения ЛП начаты в 2008 году. Проведен сравнительный анализ концепций развития систем рулевых приводов самолетов и систем нагружения авиационных конструкций в ЛП [6]. Анализ показал, что эти концепции имеют много общих направлений, которые в перспективе необходимо решать для ЛП опираясь на опыт создания самолетов новых поколений ("электрических"). Такая концепция позволяет исключить гидропривод в ЛП при испытаниях ЛА.

Применительно к системам нагружения предложены схемные решения электромеханического привода и оптимизирована его структура. Подобраны серийно выпускаемые приводы нового поколения, наиболее полно отвечающие изложенным выше направлениям совершенствования систем нагружения ЛП. В качестве одного из вариантов силовозбудителей рассмотрены электромеханические линейные приводы фирмы "Exlar"[7].

Для эффективного использования ЭМП в режиме «тяги-толкай» и расширения функциональных возможностей рассмотренных ЭМП авторами предлагается способ испытания ЛА на прочность, в котором величину и скорость периодической знакопеременной нагрузки осуществляют электромеханическими приводами [8].

Рассмотренное «электромеханическое направление» совершенствования существующих систем нагружения ЛП приведет к их кардинальному изменению и позволит в перспективе перейти при испытаниях ЛА в лабораториях прочности принципиально к новой полностью электрифицированной системе нагружения.

#### Литература

1. Куликов Е.Н. Гидропривод лаборатории статических и ресурсных испытаний натуральных авиационных конструкций / Е.Н. Куликов, В.И. Сабельников, Ю.В. Колеватов и др. // Авиационная промышленность. – 2008 – № 2 – С. 53-57.
2. Сабельников В.И. Гидросистема для нагружения авиационных конструкций при прочностных испытаниях. Патент № 2305264 Россия / В.И. Сабельников, Ю.В. Колеватов, И.Н. Медведева // БИ-2007-№24.
3. Куликов Е.Н. Гидросистема для нагружения авиационных конструкций при прочностных испытаниях. Патент №2372597 Россия / Е.Н. Куликов, В.И. Сабельников, И.Н. Медведева и др. // БИ – 2009 - № 31.
4. Сабельников В.И. Способ испытаний летательных аппаратов на прочность и устройство для его осуществления. Патент № 2199101 Россия / В.И. Сабельников, Н.Г. Метёлкин, А.А. Скляр // БИ.– 2003.– № 5.

5. *Сабельников В.И.* Устройство для испытания летательных аппаратов на прочность. Патент № 2300747 Россия / *В.И. Сабельников, А.В. Мальцев* // БИ. – 2007. – № 16.
6. *Редько П.Г.* Сравнительный анализ концепций развития приводов самолетов и испытательных стендов лабораторий прочности / *П.Г. Редько, А.Н. Серьезнов, И.Н. Куликов, В.И. Сабельников, Ю.В. Колеватов* // *Авиационная промышленность*. – 2009. – № 2. – С. 51-56.
7. *Сабельников В.И.* Перспективы использования современных приводов в системе нагружения при прочностных испытаниях авиационной техники / *В.И. Сабельников, Ю.В. Колеватов, Б.В. Загорский* // *Гидравлика Пневматика Приводы*. – 2010. – № 2. – С. 22-23.
8. *Серьезнов А.Н.* Способ испытания летательных аппаратов на прочность и устройство для его осуществления / *А.Н. Серьезнов, Е.Н. Куликов, В.И. Сабельников, Ю.В. Колеватов* // Решение РОСПАТЕНТ о выдаче патента на изобретение по заявке № 2009109027/28(012099) от 22.03.2010.

## **НАПРЯМИ ПОКРАЩЕННЯ ПРИВОДІВ СИСТЕМ НАВАНТАЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ В ЛАБОРАТОРІЯХ ТРИВКОСТІ**

Колеватов Ю.В., Сабельников В.И., Куликов Е.М., Серьезнов А.М.

*Анотація* – у статті наведені склад, технічні характеристики і ряд принципів схем електрогідроприводів систем навантаження стендів для статичних і ресурсних випробувань авіаційних конструкцій в лабораторіях тривкості. Визначені переваги та недоліки.

Запропоновано спосіб (Патент на винахід за заявкою № 2009109027/28 (012099) від 22.03.2010) випробування літальних апаратів на тривкість електромеханічними приводами.

## **THE DIRECTION OF AIRCRAFT LOADING SYSTEMS ACTUATORS IMPROVEMENT AT THE STRENGTH LABORATORIES TESTING**

Y. Kolevatov, V. Sabelnikov, E. Kulikov, A. Seryeznov

### *Summary*

The composition, technical characteristics, circuits of electrohydro drive of systems of test benches improvements for aircrafts' static and recourse testing at the strength laboratories are reported in the article.

The advantages and limitations are described (Patent № 2009109027/28 (012099) by 22.03.2010).