

УДК 608

## **К вопросу испытаний бортовых гидравлических систем и их значение при разработке современных видов воздушных судов.**

Д.И.Смагин, Ю.Н. Пугачев, О.С.Долгов

### **Аннотация.**

Для улучшения и рационализации проведения испытаний бортовых гидравлических систем воздушных судов проведен анализ и оценка современных методов испытаний, а так же представлена разработка модуля для компоновки и сборки стенда комплексных испытаний рулевых электрогидравлических приводов (ЭГРП) сложных транспортных средств и систем их управления (на пример системы управления летательных аппаратов).

### **Ключевые слова:**

Испытания; экспериментальная отработка; компьютерное моделировании; полунатурное моделирование; гидравлические привода.

Успешная разработка и дальнейшая эксплуатация современных гидравлических систем, в частности гидравлических систем современных воздушных судов, предъявляющих повышенные требования к надежной и безотказной работе, может быть обеспечена только при условии длительных и тщательных экспериментальных отработочных испытаний, начиная с самых ранних этапов проектирования.

Длительный и сложный процесс создания современных образцов авиационной техники практически завершается проведением отработочных (автономных и комплексных) испытаний, в результате которых подтверждается или опровергается правильность принятых технических и конструкторских решений, а так же соответствие характеристик агрегатов и систем гидрокомплекса самолета требованиям технического задания и существующим государственным и промышленным нормам.

К основным задачам экспериментальной отработки можно отнести:

- Отработку работоспособности и подтверждение технического задания на агрегаты и узлы гидравлической системы, проверку их совместного функционирования в условиях полета, максимально приближенных к экспериментальным.

- Отработку конструкторской, эксплуатационной и технологической документации

- Проведение различных исследовательских и научных работ, направленных на создание модернизированных, более эффективных испытательных комплексов.

- Доказательство соответствия агрегатов, узлов а так же всей системы в целом существующим сертификационным нормам.

Необходимость проведения экспериментальной отработки агрегатов и узлов, а так же гидравлической системы в целом на различных этапах создания авиационной техники приводят к необходимости решения целого ряда принципиальных вопросов по этапности испытаний, их виду, выработки различных критериев достаточности того или иного вида испытаний и необходимости перехода к следующим, определению видов испытаний и созданию экспериментальной базы.

Для успешного решения данных вопросов необходимо создание комплексных программ отработки, способов регламентировать, упорядочить и определить объемы и методы необходимые для доказательства соответствия современным нормам и требованиям.

Данные программы, несмотря на детальные различия включают в себя следующее:

- Автономные испытания систем и агрегатов

- Комплексные испытания

- Межведомственные испытания

Важным является обоснование и выбор методов проведения испытаний: исследование работы узлов и агрегатов, а так же всей гидравлической системы в целом посредством средств компьютерного моделирования, изучение тех же объектов с использованием полунатурного (имитационного моделирования), или же создание полнатурных стендов.

При выборе и составлении комплексных программ отработки и исследования важно правильно оценить достоинства и недостатки имеющиеся в данных методах и провести их грамотную компоновку, обеспечивающую максимальный уровень эффективности при проведении испытательных работ.

Технологии современного компьютерного и математического моделирования являются на сегодняшний день наиболее популярными в связи со своей экономичностью, связанной с отсутствием необходимости выделения большого количества производственных помещений а так же не требующего наличия всех исследуемых агрегатов и систем, а так же кажущейся

простотой, но в то же время накладывают и ряд серьезных ограничений, связанных с большим количеством узлов и агрегатов, протяженностью гидролиний различных сечений, наличием множества стыковочных точек, приводящее в конечном итоге к изменениям в параметрах гидравлической системы в целом.

Полунатурное моделирование представляет собой исследование систем на исследовательских моделирующих комплексах включающих в свой состав модели реальных узлов и агрегатов систем. Наряду с ними в замкнутую модель входят имитаторы воздействий и помех, математические модели внешней среды и процессов, для которых неизвестно достаточно точное математическое описание. Включение реальных систем и агрегатов в контур моделирования сложных процессов позволяет уменьшить неопределенность и исследовать процессы для которых нет точного математического описания.

Полнонатурное моделирование, включает в себя создание комплексных испытательных стендов, а так же использование реальных агрегатов и смонтированных гидравлических систем позволяет:

- Наиболее полно отработать конструкцию проектируемого летательного аппарата в части размещения и крепления бортового оборудования и агрегатов, прокладки электрожгутов и трубопроводов, элементов гидравлических систем.
- Подтвердить правильность технических решений по обеспечению требуемых характеристик бортовых систем, по удобству их обслуживания.
- Отработать и доработать полученные на основе математических экспериментов параметры.
- Подтвердить и скорректировать располагаемый мощностной баланс, а так же необходимые для этого энергетические параметры агрегатов и гидравлической системы в целом.
- Определить взаимовлияние и совместимость при одновременной работе различных узлов и агрегатов, а так же системы в целом.

Так же следует особо отметить, что стендовые комплексные испытания это весьма сложный и дорогостоящий процесс которому в основном подвергаются системы не испытанные ранее то есть опыт создания и эксплуатации которых в авиационной области отсутствует. Помимо этого зачастую требуется проведение испытаний меньшего масштаба, служащих для проверки отдельных агрегатов или подсистем, подтверждения тех или иных их характеристик. Для этой цели служат не столь дорогие и масштабные стендовые установки.

Московский авиационный институт проводит изыскания в данной области. В качестве примера представлена разработка модуля для компоновки и сборки стенда комплексных испытаний рулевых электрогидравлических приводов (ЭГРП) сложных транспортных средств и систем их управления.

Данный модуль предназначен для проведения комплексных испытаний и отработки систем управления сложных транспортных средств на базе рулевых электрогидравлических приводов (например: электрогидравлических приводов систем управления летательных аппаратов, подъемно-транспортных машин, корабельных систем).

На рисунках 1 и 2 представлена конструктивная схема разработанного модуля.

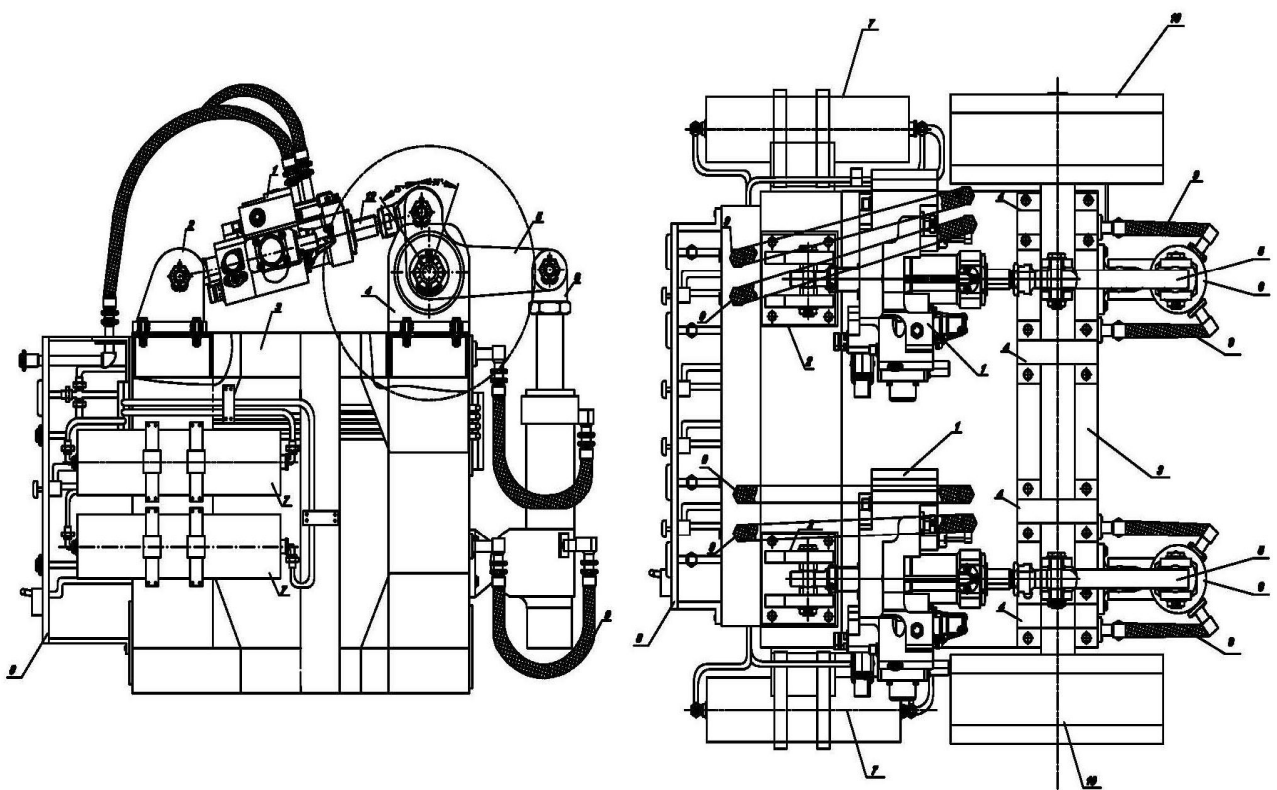


Рисунок 1

Рисунок 2

Модуль представляет собой каркас-раму (3), на которой закреплены испытываемые ЭГРП (1) и грузочные цилиндры (6), связанные качалками (5) с испытываемыми ЭГРП (1). Грузочные цилиндры (6) и качалки (5) крепятся к станине шарнирным соединением. Испытываемые ЭГРП (1) и грузочные цилиндры(6) подключаются к гидравлическим магистралям гибкими рукавами(9). Также на модуле закреплены ручной насос и гидравлические аккумуляторы(7) системы загрузки, краны, датчики и арматура системы гидропитания ЭГРП (1) и системы загрузки. Каждый модуль соединен с гидравлическими и

газовыми магистралями стенда гибкими рукавами. Гидравлические магистрали модуля соединяются с остальной системой быстроразъемными соединениями с обратными клапанами для предотвращения вытекания жидкости при рассоединении. На модуле так же присутствует механизм для создания инерционной нагрузки испытываемого ЭГРП (1), выполненный в виде вала с размещенным на нем маховиком-имитатором инерционной нагрузки(10), соединенного с качалками (5), при этом вал закреплен на каркас-раме модуля с помощью кронштейнов (4). Так же на модуле присутствует комплексный блок управления и контроля (8). Количество испытываемых ЭГРП на модуле можно варьировать (например: на фигуре 1 приведен модуль предназначенный для проведения испытаний 2-х электрогидравлических рулевых приводов).

Испытываемый объект (ЭГРП(1)) посредством кронштейнов(2) закрепляется на каркас-раме (3) модуля и соединяется с качалкой(5), а так же подключается к магистралям питания. При включении, через командный блок управления и контроля(8) происходит подача давления на загрузочный цилиндр(6), соединенный с качалкой(5) и механизмом инерционной нагрузки(10). Таким образом происходит перемещение штока испытываемого привода. Посредством командного блока задается режим отработки привода с заданными характеристиками. Режим нагрузки меняется путем изменения давления в гидроаккумуляторах(7); массово-инерционные параметры посредством изменения массы маховика-иммитатора.

Важным аспектом проведения испытаний является максимальное приближение их условий к условиям влияющим на систему управления воздушным судном в полете. Например в разработанной системе загрузки легко учитывается влияние шарнирных моментов.

Разработанный модуль для компоновки и сборки стенда комплексных испытаний рулевых электрогидравлических приводов (ЭГРП) сложных транспортных средств обладает следующими качествами:

- Унификация используемых для сборки элементов, позволяющих существенно сократить расходы на изготовление, монтаж и эксплуатацию.
- Конструкция модуля позволяет проводить испытания различных видов ЭГРП без внесения масштабных изменений в конструкцию самого модуля и стенда.
- Модуль может быть использован для проверки и оценки агрегатов в эксплуатации при установке их на стенд.

Испытательный стенд может состоять из различного количества модулей, обеспечивающих установку необходимого числа испытываемых ЭГРП, а также загрузочных цилиндров и оборудования необходимого для подключения к гидравлическим, газовым,

электрическим коммуникациям и блокам электронно-вычислительной и контрольно-измерительной аппаратуры.

На рисунке 3 представлена принципиальная схема компоновки стенда испытательного стенда для проведения испытаний ЭГРП, включающая в себя два модуля имитирующие различные поверхности управления воздушного судна.

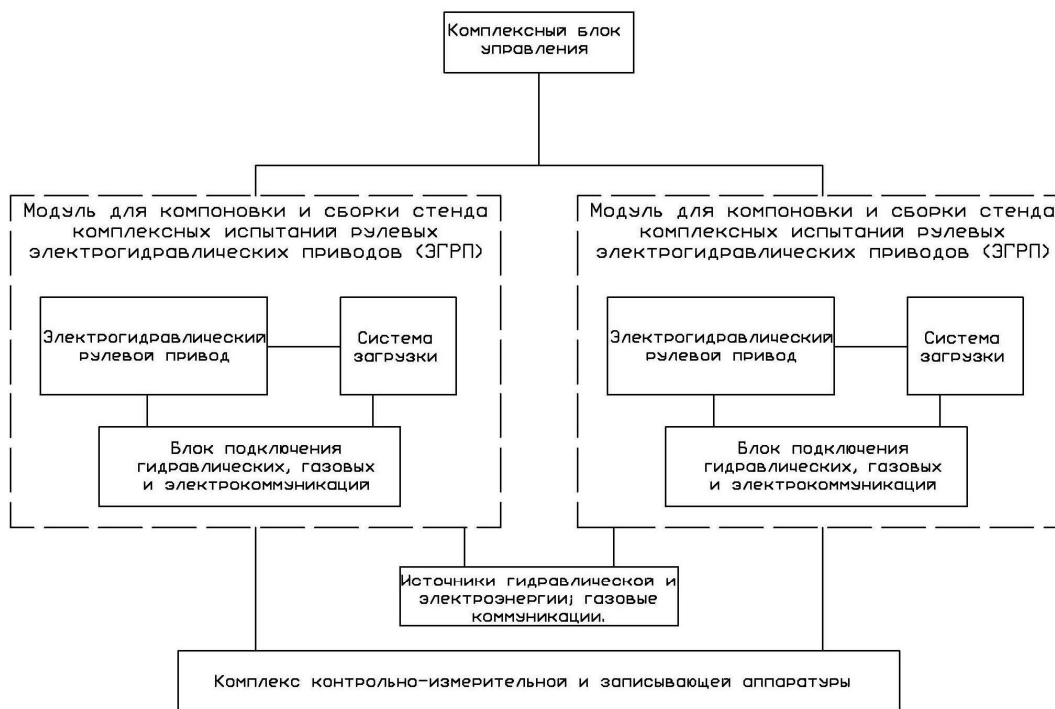


Рисунок 3

Компоновка стенда посредством разработанного модуля имеет следующие преимущества:

- Обеспечение существенной экономии производственных площадей.
- Возможность повысить степень кооперации при изготовлении самого модуля и проведения испытаний.
- Возможность производить перекомпоновку структур испытываемых систем и обеспечить наибольшую вариабельность схем структурных построений ЭГРП при испытаниях.

Вышеперечисленные особенности унифицированного модуля для компоновки и сборки стенда комплексных испытаний рулевых электрогидравлических приводов (ЭГРП) сложных транспортных средств и систем их управления позволяют существенно сократить экономические и временные затраты, а так же существенно повысить качество проводимых испытаний.

Экспертная оценка показывает что экономические затраты на изготовление и испытания системы управления воздушного судна с применением модульного построения стенда при современной технологии производства может быть сокращена на 5 - 7 %, что вполне ощутимо при общих затратах на проведение данного вида работ.

## Список литературы

1. Соколов А.А., Башилов А.С. «Гидрокомплекс орбитального корабля «Буран».  
//288 стр., Издательство: МАИ. 2006 год.
2. «Унифицированный модуль для компоновки и сборки стенда комплексных испытаний рулевых электрогидравлических приводов (ЭГРП) сложных транспортных средств и систем их управления»  
//Полезная модель. № заявки 2010148295 от 26.11.10

## Сведения об авторах.

Смагин Денис Игоревич, инженер-конструктор ЗАО ГСС «Сухой»,  
тел.: 89637587781; e-mail: orkni@yandex.ru

Пугачев Юрий Николаевич, профессор Московского авиационного института  
(государственного технического университета), к.т.н  
МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993; тел.: (499) 943 41 27

Долгов Олег Сергеевич, доцент Московского авиационного института (государственного  
технического университета), к.т.н  
МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993.