электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

# Разработка системы гидроприводов для управления процессами в аэродинамической трубе

# 05, май 2017

Сосновский Н. Г.[1,*], Васильев А. В.[1,**], Хейфец М. С.[2,***]

УДК: 62-522

[1]Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
[2]ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского
*sosn60@mail.ru
**toshik-1@mail.ru
***sosn@bmstu.ru

## Введение

Аэродинамическая труба (АДТ) непрерывного действия замкнутого типа (рис.1) предназначена для исследования моделей летательных аппаратов на дозвуковых и сверхзвуковых скоростях [1, 2]. Поток воздуха в АДТ создается компрессором. Труба оборудована четырьмя сменными рабочими частями, из них три — с многосекционной регулируемой перфорацией стенок, и одна с щелевыми стенками.

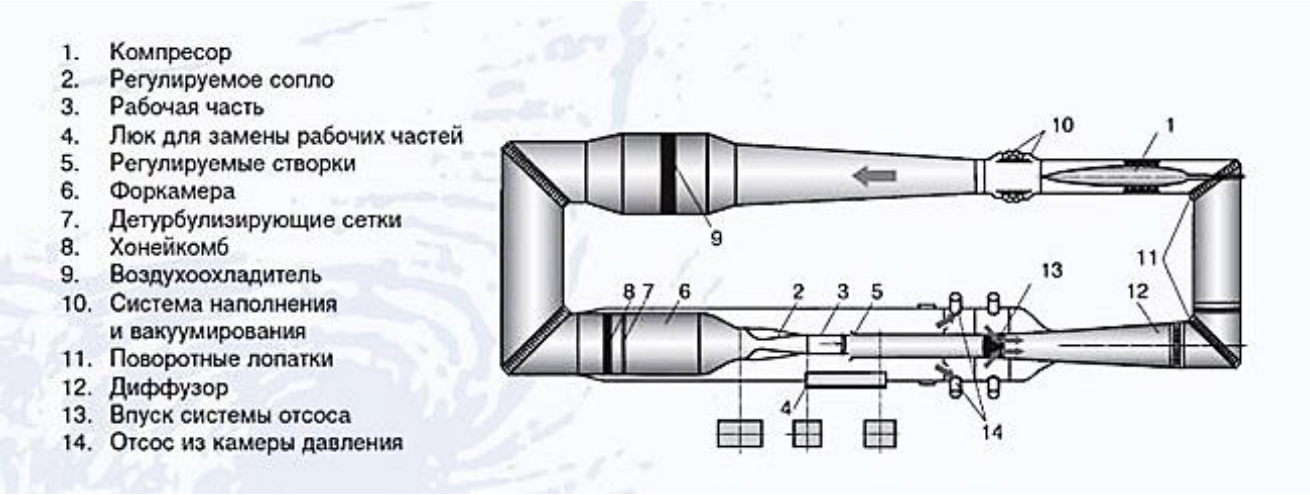


**Рис. 1.** Аэродинамическая труба

Рабочие части оснащены подвесными устройствами всех основных типов (жесткой стойкой с хвостовой державкой, ленточной подвеской, креплением модели на боковой стенке и полумодели на верхней стенке), устройством для крепления крыла бесконечного размаха и «скользящего» крыла.

АДТ оборудована набором тензометрических весов для измерения аэродинамических моментов моделей и их конструктивных элементов, а также автоматизированным измерительно-вычислительным и управляющим комплексом.

Аэродинамическая труба обеспечивает проведение следующих видов экспериментальных исследований [3]:

– определение аэродинамических характеристик моделей летательных аппаратов и их элементов;

– измерение стационарного и нестационарного распределений давления по поверхности модели;

– исследование характеристик статической и динамической аэроупругости моделей летательных аппаратов;

– физические исследования моделей.

Представленная АДТ является трубой замкнутого типа с встроенным в оболочку трубы компрессором для разгона потока и питаемая сжатым воздухом от газгольдеров.

Для создания в рабочей части АДТ требуемого режима наполнения, регулировки и сброса сжатого воздуха используются механизмы в виде дросселей и поворотных затворов, управляемые приводами.

Существующая гидросистема управления воздушным потоком в АДТ была разработана и изготовлена более 30 лет назад на основе ныне устаревших типов оборудования, к тому же выработавших свой ресурс. Все гидравлическое оборудование этой гидросистемы морально и физически устарело. В связи с этим должна быть осуществлена полная замена гидрооборудования: маслонасосов, агрегатов управления, запорной и предохранительной арматуры.

Предварительный анализ нагрузок на механизмы показывает целесообразность использования электрогидравлических следящих приводов [4]. Такие привода, кроме того, обеспечивают необходимое быстродействие работы [5].

В статье [6] описана модернизация аэродинамической трубы АТ-11 в СПбГУ.

Целью разработки является создание системы гидроприводов для управления параметрами воздушного потока в аэродинамической трубе, использующей последние достижения в области построения измерительно-управляющих вычислительных комплексов, в том числе:

– разработка гидравлической системы для управления и поддержания полного и стабильного давления в оболочке трубы и числа Маха в камере давления;

– создание систем управления, сброса, отсоса со стенок рабочей части воздуха во время эксперимента.

## 1. Система управления дросселями

Принципиальная гидравлическая схема системы управления приводами дросселей АДТ приведена на рис. 2.

Управление гидроцилиндрами 7 осуществляется пропорциональными следящими золотниковыми электрогидравлическими усилителями 1. Обратная связь осуществляется по давлению в потоке воздуха за управляемым дросселем.

Рабочая жидкость поступает к усилителю 1 от маслонасосной станции и баллонных гидропневмоаккумуляторов 9, 10 через фильтр тонкой очистки 8 (δ=5 мкм), оснащенный перепускным клапаном и датчиком перепада давлений.

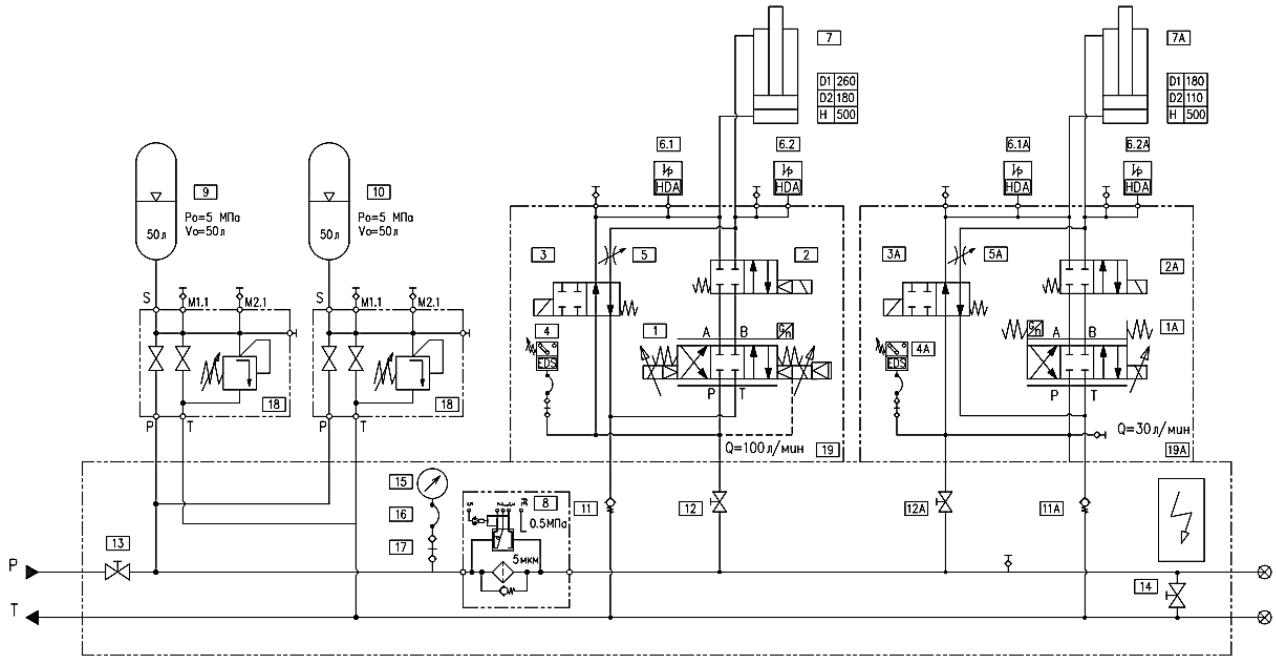


**Рис. 2.** Принципиальная схема гидравлической системы управления приводами дросселей.

В случае аварийного отключения электропитания или нарушения герметичности гидросистемы запорные клапаны 2 отсекают пропорциональные распределители 1 от соответствующих гидроцилиндров. При этом через автоматически открывшиеся с помощью пружины двухпозиционные клапаны 3 осуществляется подача рабочей жидкости от блока баллонных гидропневмоаккумуляторов 9, 10 в полости гидроцилиндров на закрытие воздушных дросселей, а полости гидроцилиндров, работающие на открытие воздушных дросселей, через клапаны 3 соединяются со сливной магистралью [7, 8].

Регулируемый демпфер 5 защищает гидроцилиндр 7 от гидроударов при закрытии и открытии клапана 3.

В связи с необходимостью автоматического поддержания чисел Рейнольдса, скоростного напора и давления торможения с погрешностью 0.1%, а также минимального регулируемого дросселями массового расхода воздуха меньше 1 кг/с (в режиме поддержания давления в контуре АДТ), на дросселе устанавливается байпас, управляемый гидроцилиндром 7А, с малой пропускной способностью. При этом наполнение контура трубы производится одновременно через оба дросселя, а при достижении требуемого давления регулирование осуществляется дросселем с меньшей пропускной способностью.

## 2. Система управления поворотными затворами

Система автоматического управления гидроприводом затворов необходима для регулирования давления воздуха в аэродинамической трубе.

Гидравлические привода поворотных затворов состоят из четырех гидроцилиндров, попарно действующих через качалку на шток затвора в процессе открытия или закрытия затвора.

В существующей системе управления затворами гидроцилиндры управляются регулятором расхода и электрогидравлическим распределителем дискретного действия. Агрегаты морально и физически устарели и система ненадежна.

Управление гидроцилиндрами затворов в модернизированной системе (рис. 3), как и в системе управления гидроцилиндрами дросселей, осуществляется пропорциональными следящими золотниковыми электрогидравлическими усилителями 1. Обратная связь осуществляется по положению штока затвора.

Рабочая жидкость поступает к усилителю 1 от маслонасосной станции и баллонных гидропневмоаккумуляторов 8, 9 через фильтр тонкой очистки 5 (δ=5 мкм), оснащенный перепускным клапаном и датчиком перепада давлений.

В случае аварийного отключения электропитания или нарушения герметичности гидросистемы запорные клапаны 2 отсекают пропорциональные распределители 1 от соответствующих гидроцилиндров. При этом через автоматически открывшиеся (с помощью пружины) двухпозиционные клапаны 3 осуществляется подача рабочей жидкости от блока баллонных гидропневмоаккумуляторов 8, 9 в полости гидроцилиндров на закрытие затворов, а полости гидроцилиндров, работающие на открытие затворов, через клапаны 3 соединяются со сливной магистралью.

Регулируемый демпфер 4 защищает гидроцилиндры 7 от гидроударов при быстром закрытии и открытии клапана 3.

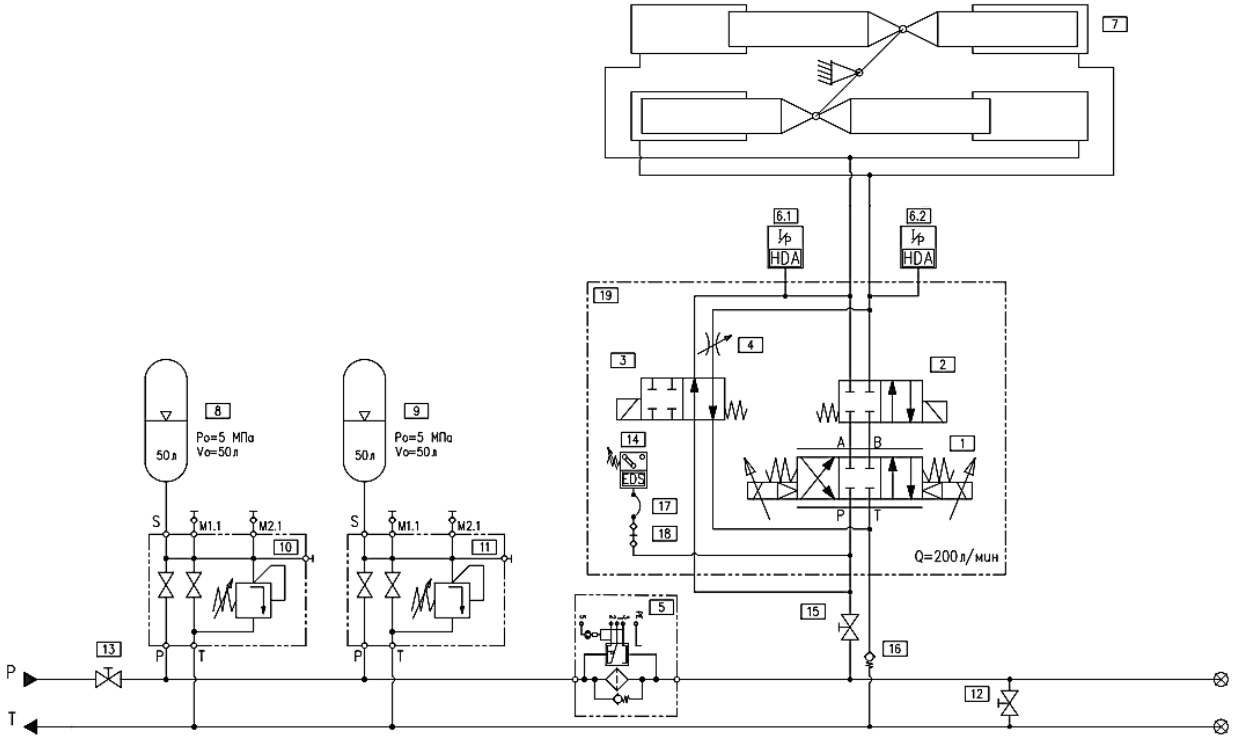


**Рис. 3.** Принципиальная схема гидравлической системы управления затвором.

Для демпфирования колебаний давления в трубопроводах гидросистемы к ним подключены три аккумуляторные станции, в каждую из которых входят 2 мембранных пневмогидравлических аккумулятора, заряженных азотом; объем V = 50 л, давление зарядки Рзар = 5,0 МПа. Станции устанавливаются на примерно одинаковом расстоянии друг от друга в разных концах зала.

## Заключение

Разработана система гидроприводов для управления процессами в АДТ. Гидросистема позволит повысить надежность, улучшить качество эксперимента, с меньшей погрешностью поддерживать необходимые давления, скоростной напор и заданные числа Рейнольдса.

Система позволит также увеличить точность проводимых экспериментов за счет установки байпаса в виде дросселя с малой пропускной способностью. Предусмотрена работа системы в аварийной ситуации при обесточивании системы или нарушении ее герметичности.

## Список литературы


[1]. Аэродинамическая труба Т-128 / Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского: сайт. Режим доступа: http://www.tsagi.ru/experimental_base/aerodinamicheskaya-truba-t-128/ (дата обращения 20.01.2017).

[2]. Калугин В.Т., Луценко А.Ю., Столярова Е.Г., Хлупнов А.И. Аэродинамические трубы дозвуковых и сверхзвуковых скоростей: метод. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 28 с.

[3]. Харитонов А.М. Техника и методы аэрофизического эксперимента: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. 642 с.

[4]. Аносов И.С., Хейфец М.С. Исследование по разработке гидравлической системы регулирования параметров потоков воздуха в аэродинамических трубах ТПД и Т-58. Годовой научно-технический отчет ЦАГИ, 2012 г.

[5]. Артемьева Т.В., Лысенко Т.М., Румянцева А.Н. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы в примерах решения задач. М.: Academia, 2013. 208 с.

[6]. Цветков А.И., Щепанюк Б.А. Аэродинамическая труба АТ-11 СПбГУ: модернизация конструктивных узлов аэродинамического тракта // Молодой ученый. 2016. №4. С. 90-96.

[7]. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов. 4-е изд., стереот. М.: Альянс, 2010. 423 с.

[8]. Иванов В.И., Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Трифонова Г.О. Гидравлика. В 2 т. Т. 2. Гидравлические машины и приводы. М.: Academia, 2012. 288 с.