

УДК 533.6(075.8)
05.07.00

05, май 2012

Автоматизированная система измерения давления для малоскоростной дозвуковой аэродинамической трубы

Лашуков Е.А.

Студент

кафедра «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов»

Научный руководитель: Голубев А.Г.

старший преподаватель кафедры «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов»

МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

Цель работы: в комплекс оборудования учебной лаборатории кафедры СМЗ включить автоматизированную систему измерения давления с использованием имеющейся аппаратуры, обеспечить работоспособность получившегося комплекса.

Исходные данные (оборудование) и требования:

а) *MGC plus* –универсальная, цифровая, самостоятельная система сбора и хранения данных. Максимальная скорость сбора данных достигается при интеграции системы в современные локальные вычислительные сети *Ethernet*. Прибор полностью настраивается и контролируется с помощью программы *CATMAN*.

Разрабатываемая система, должна взаимодействовать с лабораторной установкой *MGC plus* при проведении экспериментов.

б) Аэродинамическая труба Т500. Замкнутая, малоскоростная, дозвуковая аэродинамическая труба с открытой рабочей частью. Статическое давление в рабочей части такой трубы равно атмосферному. Максимальная скорость воздушного потока - 55 м/с. Таким образом, максимальное положительное избыточное давление, численно равное скоростному напору, может составить (с округлением в большую сторону) всего $+0,02 \cdot 10^5$ Па. Максимальное отрицательное избыточное давление оценивается по теоретическому предельному отрицательному коэффициенту давления и составляет, соответственно, $-0,06 \cdot 10^5$ Па.

в) Требуется иметь не менее 30 каналов измерения, для снятия показаний давлений в соответствующих дренажных точках. Обеспечить универсальность использования этих каналов для любых дренажных моделей в лабораторных и научных целях.

Исходя из приведенных требований и имеющегося оборудования, для обеспечения целей работы, были выбраны, изображённый на рис.1, высокоточный датчик давления *PDCR-22*.



Рис.1. Высокоточный датчик давления *PDCR-22*

А также, представленный на рис.2 коммутатор пневмотрасс КП48-4-0, предназначенный для последовательного присоединения 48 дренажных трасс от исследуемого объекта к одному преобразователю давления.



Рис.2. Коммутатор пневмотрасс КП48-4-0

Первым этапом данной работы являлось подключение высокоточного датчика давления *PDCR-22* к универсальному измерительному модулю *MGC plus*. Основные характеристики датчика представлены в табл.1. Исходя из измерительной схемы датчика (полный мост) для его подключения к *MGC plus* была выбрана связка плат *ML801B+AP810i*. *ML801B* – это многоканальный измерительный модуль, а *AP810i* – соединительная плата, обеспечивающая связь модуля с датчиком.

Таблица 1

Технические характеристики датчика *PDCR-22*

Характеристики	Значения
Диапазон рабочего давления, Па	$\pm 0,17 \cdot 10^5$
Питание (постоянный ток), В	12
Чувствительность, мВ (при выходе полного диапазона, макс. значение)	25
Нелинейность и гистерезис, %	<0.05
Диапазон компенсируемых температур, °С	0...50
Температурное смещение нуля, %/°С (при выходе полного диапазона, макс. значение)	0,02

После успешного подключения датчика к модулю, была произведена тарировка датчика. В качестве образцового измерительного устройства использовался батарейный спиртовой манометр. Максимальная абсолютная погрешность данного прибора оценивается величиной ± 4 Па. Тарировка проводилась на основании данных, получаемых при одновременном измерении

одного и того же давления датчиком и манометром. В качестве контрольных были взяты два давления: положительное избыточное с трубки Пито ($\sim 0,01 \cdot 10^5$ Па) и отрицательное избыточное с подветренной стороны модели профиля крыла ($\sim 0,02 \cdot 10^5$ Па). После введения соответствующих поправок в настройки датчика была проведена серия из 10 измерений обоих давлений. На основании данной серии измерений максимальная абсолютная погрешность датчика оценивается как ± 10 Па, что для данного диапазона давлений дает относительную погрешность ~ 1 %.

Следующим этапом работы, являлось изучения принципа работы коммутатора пневмотрасс КП48-4-0. В соответствии с техническими данными (табл.2), был найден и подключен к коммутатору специальный блок питания, обеспечивающий необходимое рабочее напряжение.

Таблица 2

Технические характеристики КП48-4-0

Характеристики	Значения
Число коммутируемых пневмотрасс, —	48
Скорость переключения в автоматическом режиме, шаг/с	20
Предел коммутируемых давлений, Па	$3 \cdot 10^5$
Рабочее напряжение, В	$30 \pm 10\%$
Потребляемый ток, А	$3 \pm 0,5$
Температурный интервал работы, °С	от 0 до +60
Рабочая среда	неагрессивный газ
Негерметичность, г/с	$2 \cdot 10^{-6}$
Технический ресурс, обороты	15000

На рис.3 показано схематичное изображение коммутатора. Измеряемое давление P_i последовательно подключается к преобразователю давления подвижным звеном, вращение которому задается электромагнитным приводом через храповое устройство и редуктор.

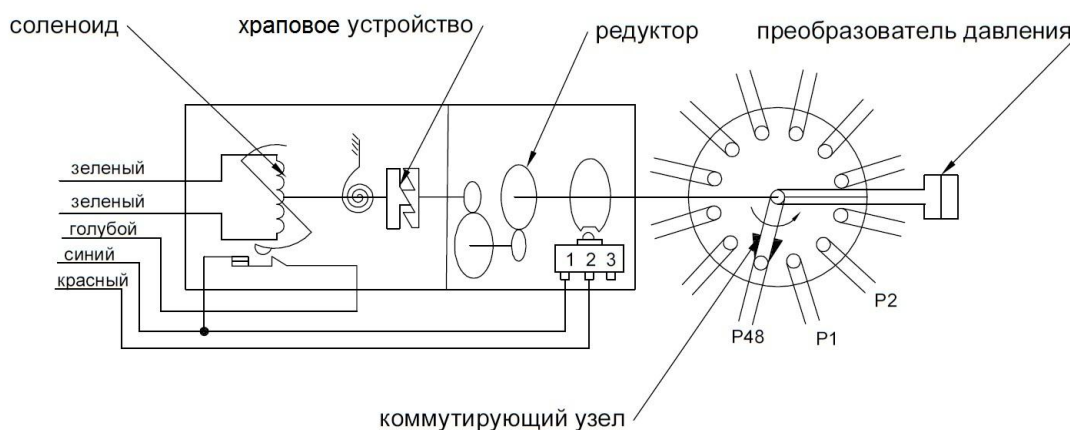


Рис.3. Схема коммутатора пневмотрасс КП-48-4-0

Одной из важнейших задач данной работы являлась разработка системы управления коммутатором пневмотрасс КП48-4-0. После изучения работы коммутатора было выявлено 3 режима его работы:

- а) последовательный переход от канала к каналу в ручном режиме;
- б) автоматический проход по всем 48 каналам с конечной остановкой в “0” канале;
- в) выход из “0” канала на “1” канал.

Требовалось совместить возможность управления этими тремя режимами. На данном этапе реализовано ручное управление. В дальнейшем планируется модернизировать блок управления путем создания управляющей платы.

Последующей задачей являлось осуществление «стыковки» высокоточного датчика давления *PDCR-22* и коммутатора пневмотрасс *КП48-4-0*. В результате был разработан и изготовлен стыковочный узел, обеспечивающий герметичность соединения и простоту установки. В состав изготовленного узла входят: переходник, наконечник и крышка.

Также в ходе данного этапа работы, был изготовлен штуцер, позволяющий не извлекая датчик из стыковочного узла подключать его к одному каналу измерений. Это позволяет использовать датчик отдельно от коммутатора без разбора всей системы измерения.

На следующем шаге была изготовлена платформа для установки системы «датчик-коммутатор». На платформу были смонтированы: блок связи датчика давления с *MGC plus*, блок управления коммутатором и система подвода дренажных трубок к коммутатору (рис. 4).

Отдельным пунктом данной работы являлась разработка системы подвода дренажных трубок к коммутатору. Исходя из технических возможностей и первоначальных задач данной работы, было решено смонтировать 29 каналов, для проведения дальнейшего проверочного эксперимента на имеющейся модели профиля крыла ЦАГИ «В сим–12 %». Основной проблемой являлся выбор переходника от трубок коммутатора, имеющих внешний диаметр 1,6 мм к стандартным трубкам дренажной модели, имеющим внутренний диаметр 6 мм. Как показано на рис.4, для реализации данной задачи к медным трубкам коммутатора были подсоединены гибкие трубки, которые в свою очередь посредством штуцеров каждая соединялась с соответствующей гибкой трубкой, идущей от дренажного отверстия модели. Штуцера были установлены в уголковые держатели, закрепленные на платформе.

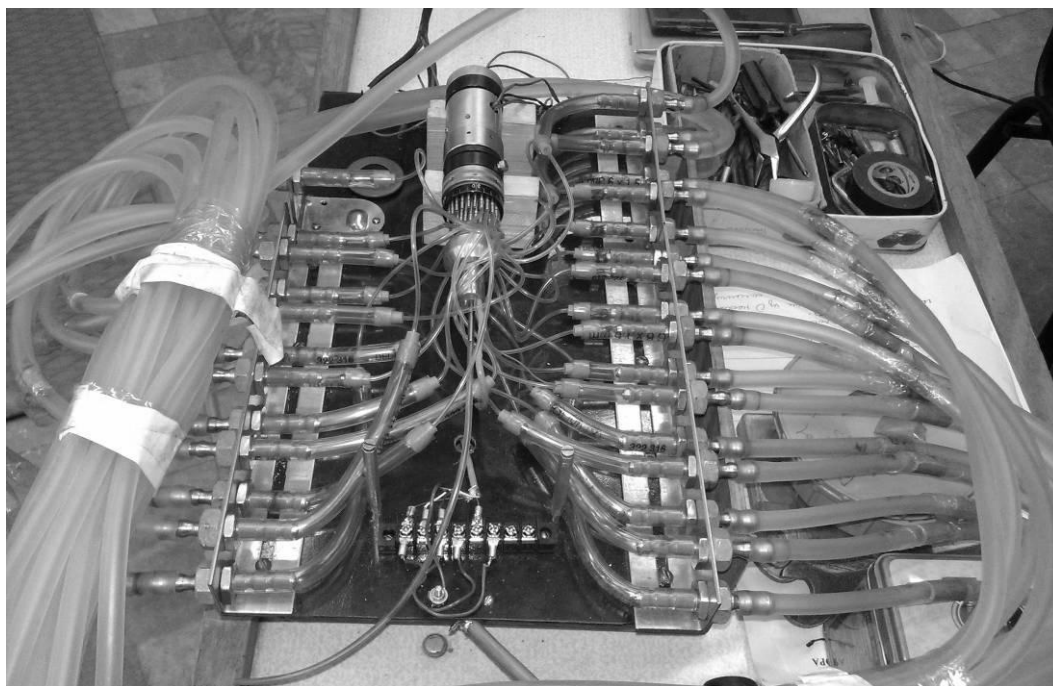


Рис.4. Внешний вид системы измерения

Таким образом, получившаяся конструкция позволяет не демонтируя коммутатор и датчик свободно подключать любые необходимые дренажные каналы.

Далее была осуществлена проверка отсутствия систематических погрешностей в отдельных каналах коммутатора. Для этого была проведена серия экспериментов, в каждом из которых соответствующий канал коммутатора подключался к трубке Пито. В результате не было выявлено значимых систематических отклонений между показаниями различных каналов.

Завершающим этапом данной работы являлся проверочный эксперимент, который должен был оценить работоспособность получившейся системы в целом. Для данной части работы было принято решение использовать имеющийся в Учебной лаборатории кафедры СМЗ профиль крыла ЦАГИ «В сим–12 %», имеющий 28 дренажных точек. Ранее полученные с помощью спиртового манометра характеристики (зависимости коэффициентов подъемной силы и силы лобового сопротивления) показаны на рис. 5.

Эксперименты с датчиком давления проводились при тех же углах атаки при аналогичной скорости потока в рабочей части трубы. Результаты, полученные с новой системой измерения давления, представлены на рис. 6.

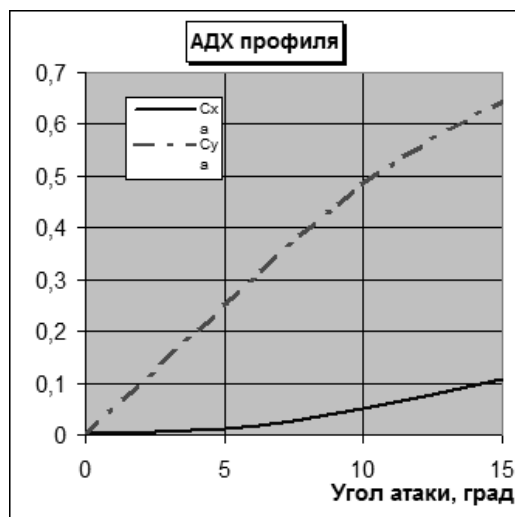


Рис.5. Результаты экспериментов со спиртовым манометром

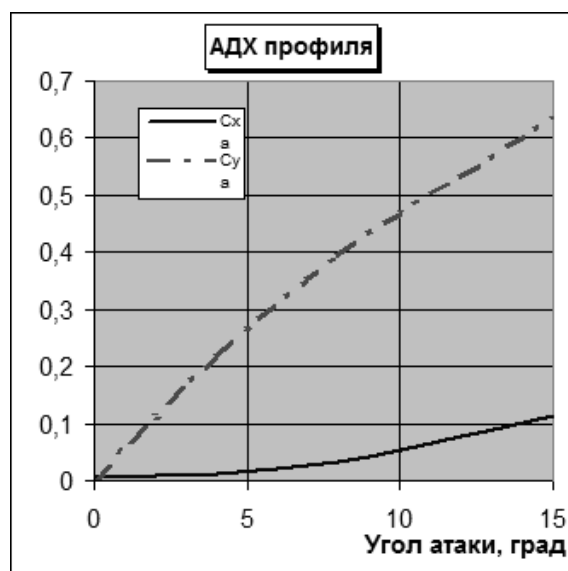


Рис.6. Результаты экспериментов с датчиком давления

Представленные материалы позволяют сделать вывод, что создана работоспособная система измерения давлений для малоскоростной дозвуковой трубы, являющаяся альтернативой спиртовому групповому манометру. В настоящее время система работает в полуавтоматическом режиме. Дальнейшее совершенствование системы должно идти по двум основным направлениям:

- а) разработка электронной системы управления коммутатором пневмотрасс и организация связи этой системы с аппаратурой сбора данных *MGC plus*;
- б) написание специализированного модуля для программы *CATMAN*, позволяющего через аппаратуру *MGC plus* управлять коммутатором пневмотрасс и процессом сбора данных.

Список литературы

1. Светозаров В.В. Элементарная обработка результатов измерений. М., Изд. МИФИ, 1983. 50 с.

2. Сквайрс Д. Практическая физика. М., МИР, 1971. 241 с.
3. Калугин В.Т. Аэродинамика. М., Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010. С. 484-537.
4. Коммутатор пневмотрасс КП48-4-0. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ЦАГИ, 1987. 18 с
5. *MGC plus* вторичный преобразователь. 2011 URL:
<http://hbm.ru/index1.php?id=3&subid=20&idprod=145>.