

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра «Ракетные двигатели»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Газовая
динамика» для студентов специальности 160700.65, 24.05.02
«Проектирование авиационных и ракетных двигателей»
очной формы обучения

Воронеж 2015

Составители: д-р техн. наук И.Г. Дроздов,
канд. техн. наук Д.П. Шматов,
канд. техн. наук К.В. Кружаев,
асп. М.А. Любинецкий,
асп. И.В. Винокуров

УДК 621.45.038

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Газовая динамика» по специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; Сост. И.Г. Дроздов, Д.П. Шматов, К.В. Кружаев, М.А. Любинецкий, И.В. Винокуров Воронеж, 2015. 28 с.

Разработанные методические указания предназначены для студентов, выполняющих лабораторный практикум по дисциплине «Газовая динамика».

Библиогр: 5 назв. Ил. 11.

Рецензент: д-р техн. наук А.В. Кретинин.

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук проф. В.С. Рачук

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета.

© ФГБОУ ВПО «Воронежский
государственный технический
университет», 2015

НАЗНАЧЕНИЕ СТЕНДА

Версия лабораторного стенда «Основы газовой динамики» ЭЛБ-ОГД-1 предназначена для выполнения лабораторных работ при изучении дисциплин «Газовая динамика», «Механика жидкости и газа» с целью выработки навыков измерения параметров устройств и систем, обработки получаемых результатов, закрепления основных теоретических положений дисциплины.

СОСТАВ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА И РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ.

Лабораторный стенд «Основы газовой динамики» ЭЛБ-ОГД-1 позволяет приобрести практические навыки по проведению испытаний, пользованию измерительными приборами и построению эксплуатационных характеристик.

Лабораторный стенд (рис. 1, 2) состоит из:

- блока управления включения стенда, подогревателя, вентилятора и компрессора (рис. 11);
- измерительного комплекса ЭЛБ-ЦМС-1 (рис. 8);
- участка изучения приборов и методов определения давления (рис. 3);
- участка исследования потерь на местном сопротивлении – регулируемом дросселе (рис. 3);
- участка исследования эпюр распределения скоростей (по величине динамического давления) при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки Пито (рис. 4);
- участка изучения обтекания пластины (рис. 5);
- участка исследования потерь напора на местном сопротивлении – диафрагме (рис. 6);
- участка исследования течения в сопле Лавалья (рис. 7);
- компрессора (рис. 12);
- ресивера;
- расходомера 1;
- расходомера 2 (ротаметра);

- двух регулирующих редукционных клапанов;
- запорных вентилей
- вентилей тонкой регулировки.

Рис. 1. Схема стенда «Основы газовой динамики» ЭЛБ-ОГД-1.

T1...T8 – датчик температуры; P1...P11, P18, P19 – датчик низкого (до 200 кПа) давления; P12...P11 – датчик высокого (до 700 кПа) давления; З-1...З-12 – вентиль запорный; ВЗТР-1...ВЗТР-4 – вентиль запорный тонкой регулировки; ДТР-1 – дроссель регулируемый.



Рис. 2. Общий вид стенда «Основы газовой динамики» ЭЛБ-ОГД-1.

1 – компрессор; 2 – ресивер, $V=200$ л; 3 – блок управления включения стенда, включения подогревателя, вентилятора и компрессора; 4 – измерительный комплекс.

Участок исследования потерь на местном сопротивлении – регулируемом дросселе и участок изучения приборов и методов определения давления (рис. 3) включают в себя регулируемый дроссель, два датчика давления $P7$, $P9$,

манометр $M1$, датчик измерения перепада $P11$. Газ (воздух) из ресивера, через запорные вентили 3-1, 3-3, 3-2, фильтр, запорный вентиль 3-4, расходомер 1, запорный вентиль 3-7, расходомер 2 (ротаметр) поступает на редукционный клапан 2. После редукционного клапана 2 попадает на участок изучения приборов и методов определения давления. Отработанный воздух через участок исследования эпюр распределения скоростей при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки Пито, и запорный вентиль тонкой регулировки ВЗТР-3 выбрасывается в атмосферу. В процессе работы запорные вентили 3-5, 3-6, 3-8, 3-9, 3-10, 3-11, 3-12 должны быть закрыты.



Рис. 3. Участок исследования потерь на местном сопротивлении – регулируемом дросселе 2 и участок изучения приборов и методов определения давления.

Участок исследования эпюр распределения скоростей (по величине динамического давления) при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки Пито (рис. 4) включает в себя:

- трубопровод диаметром 120 мм;
- вентилятор производительностью 410 м³/ч и максимально-возможным давлением 350 Па (частота вращения 2450 об/мин, мощность 80 Вт);
- спрямляющую решётку;
- трубку Пито с подсоединенным к ней датчиком давления P19;
- датчик статического давления P18;
- крышка регулирования потока.

Воздух забирается из атмосферы вентилятором и через спрямляющую решётку по трубопроводу диаметром 120 мм подаётся на трубку Пито и датчик статического давления. Кнопка включения вентилятора расположена справа стороны на блоке управления включения стенда под кнопкой «Режим». Для регулирования скорости и статического давления на правой стороне трубы расположена регулировочная крышка (при закручивании статическое давление возрастает, скоростная составляющая давления падает). Величина расхода является постоянной и равняется 410 м³/ч.



Рис. 4. Участок исследования эпюр распределения скоростей (по величине динамического давления) при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки Пито.

Участок изучения обтекания пластины (рис. 5) включает в себя трубу диаметром 50 мм, в которой установлена пластина на 80% перекрывающая трубу. Перед пластиной установлен датчик температуры $T2$ и датчик давления $P2$ (расстояния измерения давления датчика до пластины составляет 5 мм). Далее в пластине последовательно установлены четыре датчика $P3$ (расстояния измерения давления датчика от края пластины составляет 5 мм), $P4$ (расстояния измерения давления датчика от края пластины составляет 25 мм), $P5$ (расстояния измерения давления датчика от края пластины составляет 50 мм), $P6$ (расстояния измерения давления датчика от края пластины составляет 70 мм). На выходе участок изучения обтекания пластины расположен вентиль тонкой регулировки $VЗТР-4$.

Газ (воздух) из ресивера, через запорные вентили 3-1, 3-3, 3-2, фильтр, запорный вентиль 3-4, расходомер 1, запорный вентиль 3-7, расходомер 2 (ротаметр) поступает на редукционный клапан 2. После редукционного клапана 2 через запорный вентиль 3-8 попадает на участок изучения обтекания пластины. Отработанный воздух через запорный вентиль тонкой регулировки $VЗТР-4$ выбрасывается в атмосферу. В процессе работы дроссель ДТР-1, запорный вентиль тонкой регулировки $VЗТР-3$, запорные вентили 3-5, 3-6, 3-9, 3-10, 3-11, 3-12 должны быть закрыты. Величина расхода измеряется расходомером 1 и расходомером 2 (ротаметром).



Рис. 5. Участок изучения обтекания пластины.

Участок исследования потерь напора на местном сопротивлении – диафрагме (рис. 6) включает в себя диафрагму диаметром 2 мм, два датчика давления: на входе $P12$, на выходе $P13$ из диафрагмы и два датчика температуры на входе $T6$ и на выходе $T7$.

Газ (воздух) из ресивера, через запорные вентили 3-1, 3-3, 3-2, фильтр, запорный вентиль 3-5 поступает на редукционный клапан 1. После редукционного клапана 1 через запорный вентиль 3-6, расходомер 1 и запорный вентиль 3-12 поступает на участок исследования потерь напора на местном сопротивлении – диафрагме. Отработанный воздух через запорный вентиль тонкой регулировки ВЗТР-1 выбрасывается в атмосферу. В процессе работы запорные вентили 3-4, 3-7, 3-9, 3-10, 3-11 должны быть закрыты. Величина расхода измеряется расходомером 1. Для регулирования величины перепада на диафрагме служит вентиль тонкой регулировки ВЗТР-1.



Рис. 6. Участок исследования потерь напора на местном сопротивлении – диафрагме.

Участок исследования течения в сопле Лавалья (рис. 7), состоит из сопла Лавалья с диаметром 2,5 мм, датчика давления $P14$ на входе в сопло, датчика давления $P16$ в горле сопла, датчика давления $P14$ на выходе из сопла, датчика температуры $T4$ на входе в сопло, датчика температуры $T5$ в горле сопла, датчика температуры $T8$ на выходе из сопла.

Газ (воздух) из ресивера, через запорные вентили 3-1, 3-3, 3-2, фильтр, запорный вентиль 3-5 поступает на редукционный клапан 1. После редукционного клапана 1 через запорный вентиль 3-6, расходомер 1 и запорный вентиль 3-11 поступает на участок исследования течения в сопле Лавалья. Отработанный воздух через запорный вентиль тонкой регулировки ВЗТР-2 выбрасывается в атмосферу. В процессе работы запорные вентили 3-4, 3-7, 3-9, 3-10, 3-11 должны быть закрыты. Величина расхода измеряется расходомером 1. Для регулирования величины перепада на сопле служит вентиль тонкой регулировки ВЗТР-2.



Рис. 7. Участок исследования течения в сопле Лавалья.

Измерительный комплекс ЭЛБ-ЦМС-1 с возможностью передачи данных на ПК, состоит из:

- цифровой микропроцессорной системы, с высокопроизводительным маломощным 8-разрядным микроконтроллером AVR, на который приходят сигналы с датчиков расхода, давления и температуры;

- универсального измерителя мощности, с трехфазным Ваттметром и отображением среднеквадратичного значения тока и напряжения, активной мощности, а также коэффициент нагрузки для каждой фазы.

Все измерения цифровой микропроцессорной системы выводятся на ЖК экран, с разрешением: 128x64. ЖК дисплей имеет несколько режимов отображения основных параметров. Переключение режимов осуществляется с помощью кнопки «Режим».

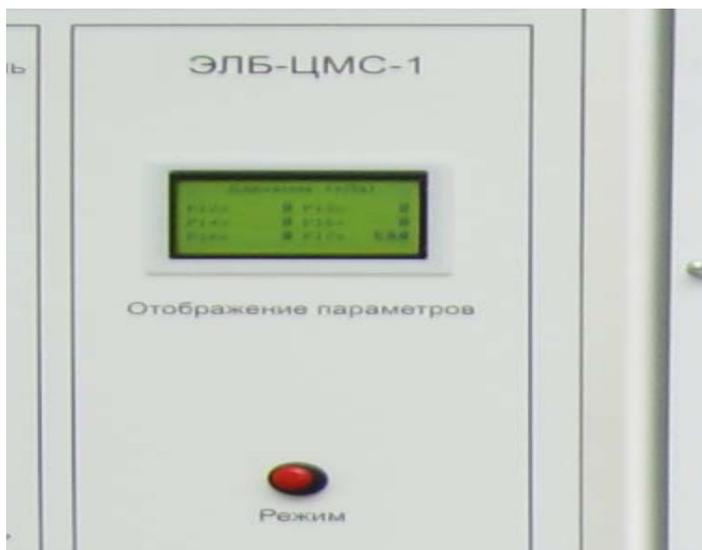


Рис. 8. Измерительный комплекс ЭЛБ-ЦМС-1.

Дополнительно к стенду поставляется ноутбук, который подключается к блоку управления автоматически (через модем). Для отображения данных в ноутбуке необходимо запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Газовая динамика». Далее выбрать отображение необходимых датчиков: «Давление (низ.)», «Давление (выс.)», «Температура», «P18, P19» или «Расходомеры». На экране появятся показания выбранных датчиков (рис. 9). Если показания датчиков отличаются от 0, необходимо запустить программу калибровки нуля с помощью строки «Калибровка» (рис. 10). В ниспадающем меню выбрать необходимые датчики для калибровки: «PH» - датчики высокого давления, «PL» - датчики низкого давления, «TT» - датчики температуры.

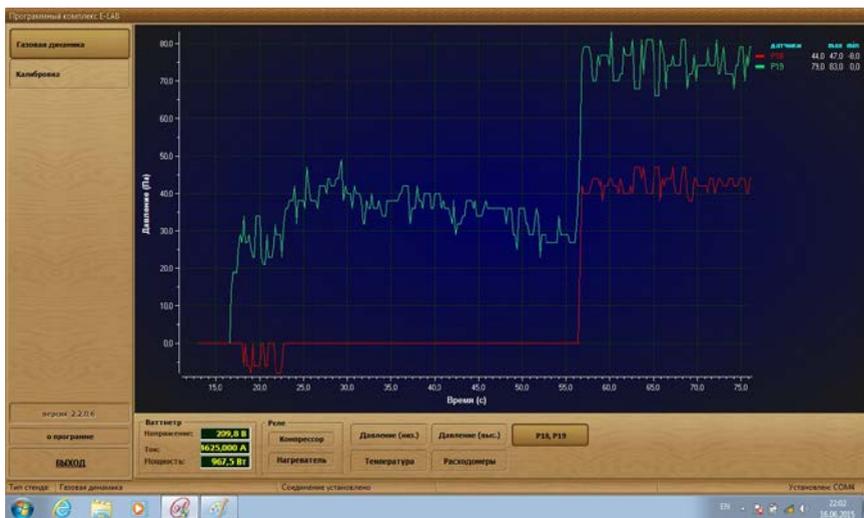


Рис. 9. Окно программы E-LAB.

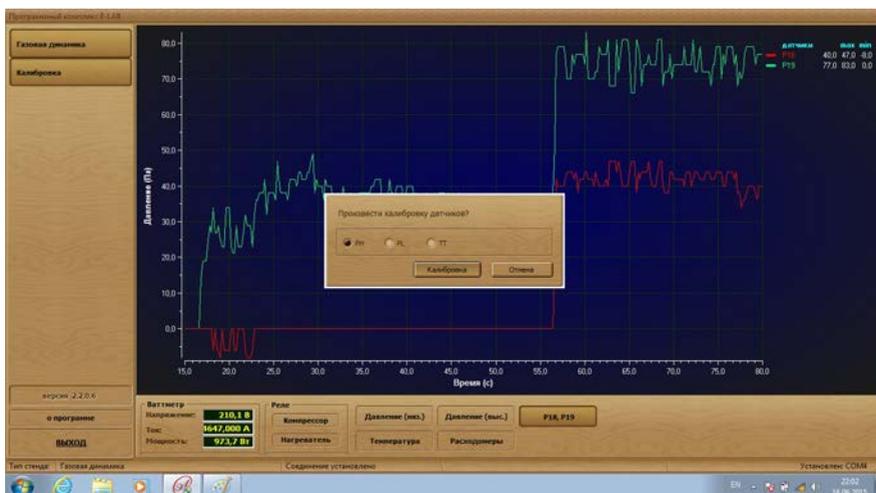


Рис. 10. Окно программы E-LAB.

Блок управления включения стенда, подогревателя, вентилятора и компрессора (рис. 11) состоит из:

- автоматов включения электропитания стенда «Сеть»;

- кнопки включения электропитания стенового оборудования с обозначением положения включен «ВКЛ»;
- кнопки запуска/остановки компрессора, с индикатором включения;
- кнопки включения/выключения подогревателя газа (воздуха), с индикатором включения;
- кнопки запуска/остановки вентилятора, участка исследования эпюр распределения скоростей.



Рис. 11. Блок управления включения стенда, подогревателя, вентилятора и компрессора.

Оборудование смонтировано на металлической раме с полимерным покрытием. Стенд оснащен колесами, что позволяет передвигать конструкцию.

Методики выполнения лабораторных работ на стенде «Основы газовой динамики» ЭЛБ-ОГД-1 предусматривают изучение теории физического явления, ознакомление с устройством и принципом действия экспериментальной установки, формулирование целей, задач и порядка выполнения работы. Обработка результатов измерений и вычисления параметров эксперимента выполняются в табличной форме по формулам и уравнениям, приведенным в практикуме для соответствующей работы.

ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ КАКИХ-ЛИБО РАБОТ НА КОМПРЕССОРЕ ОТКЛЮЧИТЬ СТЕНД, ПОЛНОСТЬЮ СТРАВИТЬ ВОЗДУХ ИЗ РЕСИВЕРА .

При первом пуске в работу и после первого часа работы подтяните крепежные тяги в головной части компрессора (момент $10\text{Nm} = 1,02\text{ Kgm}$).

После того, как вывернуты винты защитного кожуха (рис. 17), очистить всасывающий фильтр. Выполнять эту процедуру следует в зависимости от состояния окружающей среды, но не реже, чем каждые 100 часов работы (рис. 18). При необходимости нужно заменить фильтрующий элемент (грязный фильтр снижает КПД, а забитый фильтр способствует большему износу компрессора).

Необходимо заменить масло после первых 100 часов работы, а затем через каждые 300 часов (рис. 19, 20). Периодически нужно проверять уровень масла.

Периодически (или по завершении работы, продолжительностью более одного часа) сливать конденсат, накопившийся внутри резервуара (рис. 16) от влаги, присутствующей в воздухе. Это предохраняет от коррозии ресивер.

Компрессор должен работать в хорошо вентилируемом помещении, при температуре от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$. В воздухе не должно содержаться пыли, паров кислот, взрывоопасных или

легко воспламеняющихся газов. Безопасное расстояние до работающего компрессора - не менее 3 м.

Всегда выключайте компрессор только при помощи кнопки на блоке управления стенда и выключателя, расположенного на реле давления. Чтобы после остановки компрессор не запускался с высоким давлением в головной части, никогда не выключайте его, просто вынимая вилку из сети.

Чтобы обеспечить нормальный приток охлаждающего воздуха к работающему компрессору, не устанавливайте его у стены ближе, чем на 50 см.

Значение звукового давления, измеренного на расстоянии 4 м, эквивалентно значению звуковой мощности, обозначенной на жёлтой этикетке, расположенной на компрессоре, минус 20 dB.

Запрещается:

- касаться работающего компрессора мокрыми руками и/или ногами.

- размещать рядом с компрессором легко воспламеняющиеся предметы или класть на корпус компрессора изделия из нейлона и других легко воспламеняющихся тканей;

- использовать компрессор для сжатия иного газа, кроме воздуха;

- протирать корпус компрессора легко воспламеняющимися жидкостями. Пользуйтесь исключительно смоченной в воде ветошью. Не забудьте предварительно отключить компрессор от электросети.

Данный компрессор разработан только для технических нужд. Нельзя применять компрессор для наполнения аквалангов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

ИЗУЧЕНИЕ ПРИБОРОВ И МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ.

Цель работы - изучение приборов экспериментального определения давлений в различных точках системы.

ОПИСАНИЕ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ

Участок изучения приборов и методов определения давления (рис. 3) включают в себя регулируемый дроссель, два датчика давления P7, P9, манометр M1, датчик измерения перепада P11. Газ (воздух) из ресивера, через запорные вентили 3-1, 3-3, 3-2, фильтр, запорный вентиль 3-4, расходомер 1, запорный вентиль 3-7, расходомер 2 (ротаметр) поступает на редукционный клапан 2. После редукционного клапана 2 попадает на участок изучения приборов и методов определения давления. Отработанный воздух через участок исследования эпюр распределения скоростей при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки Пито, и запорный вентиль тонкой регулировки ВЗТР-3 выбрасывается в атмосферу. В процессе работы запорные вентили 3-5, 3-6, 3-8, 3-9, 3-10, 3-11, 3-12 должны быть закрыты.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Подключить стенд к защитному заземлению.
- 2 Включить автомат «Сеть». Красная лампа сигнализирует о наличии напряжения. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, включить питание оборудования. Подождать 10 мин. Показания датчиков расхода должны быть равны 0. Стенд готов к работе.
- 3 Включит ноутбук, который подключается к блоку управления автоматически (через модем).
- 4 В ноутбуке (на рабочем столе) запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Газовая динамика» Далее выбрать отображение «Давление (низ.)» или «Расходомеры». На экране появятся показания выбранных

датчиков (рис. 9). Если показания датчиков отличаются от 0, необходимо запустить программу калибровки нуля с помощью строки «Калибровка» (рис. 10). В ниспадающем меню выбрать необходимые датчики для калибровки: «РН» - датчики высокого давления, «PL» - датчики низкого давления, «ТТ» - датчики температуры.

5 Открыть вентиль 3-1, закрыть вентиль 3-3. Включить реле давления компрессора.

6 Запустить компрессор кнопкой на блоке управления включения стенда, подогревателя, вентилятора и компрессора (рис. 11). Заправить ресивер до необходимого давления, контроль осуществляется по датчику $P17$ и по манометру компрессора (рис. 14). Максимальное давление составляет 750 кПа.

7 Закрыть вентили 3-5, 3-6, 3-8, 3-9, 3-10, 3-11, 3-12.

8 Ручка регулирования редукционного клапана 2 необходимо перевести в положение «-».

9 Открыть запорные вентили 3-3, 3-2, 3-4, открыть дроссель ДТР-1 и вентиль ВЗТР-3.

10 Регулируя расход газа (воздуха) из ресивера редукционным клапаном 2, дросселем ДТР-1 и вентилем ВЗТР-3 снять показания датчиков давления $P7$, $P11$, $P9$ и манометра $MН1$. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

11 Повторить испытания по пункту 10 при различных расходах и давлениях.

ДАВЛЕНИЕ НА ДАТЧИКАХ $P7$, $P11$, $P9$ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЕРИМЕНТА НЕ ДОЛЖНО ПРЕВЫШАТЬ 200 кПа (линия низкого давления).

12 По окончании эксперимента перекрыть редукционный клапан 2 вентили 3-4, 3-2, 3-3, 3-1. При необходимости (по команде преподавателя) сбросить давление из ресивера, открыв вентиль дренажа, вентили 3-1,

3-3, 3-2. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, выключить питание оборудования. Выключить автомат «Сеть».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ВОЗДУХА ПО РАСХОДОМЕРУ.

Цель работы -изучить на опыте методы определения расхода воздуха по расходомеру.

ОПИСАНИЕ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ

Участок изучения методов определения расхода воздуха по расходомеру включает в себя: расходомер1, расходомер 2 (ротаметр), участок исследования потерь напора на местном сопротивлении – диафрагме, участок исследования течения в сопле Лавалья.

Газ (воздух) из ресивера, через запорные вентили 3-1, 3-3, 3-2, фильтр, запорный вентиль 3-5 поступает на редукционный клапан 1. После редукционного клапана 2 через запорный вентиль 3-6, расходомер 1, запорный вентиль 3-7 поступает на расходомер 2 (ротаметр). Отработанный воздух через запорные вентили ВЗТР-4, 3-8 выбрасывается в атмосферу. В процессе работы запорные вентили 3-4, 3-9, 3-10, 3-11, 3-12 должны быть закрыты.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 Выполнить операции по пунктам 1-12 лабораторной работы №1.

2 Снять показания двух расходомеров.

3 Выполнить операции по пунктам 1-9 лабораторной работы №4.

4 Снять показания расходомера и определить показания расхода диафрагмы.

5 Выполнить операции по пунктам 1-9 лабораторной работы № 8.

6 Снять показания расходомера и определить показания расхода сопла Лаваля.

7 По окончании эксперимента перекрыть редукционный клапан 1 вентили 3-5, 3-6, 3-11, 3-2, 3-3, 3-1. При необходимости (по команде преподавателя) сбросить давление из ресивера, открыв вентиль дренажа, вентили 3-1, 3-3, 3-2. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, выключить питание оборудования. Выключить автомат «Сеть».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭПЮР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ (ПО ВЕЛИЧИНЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ) ПРИ ТЕЧЕНИИ ВОЗДУХА ПО ТРУБОПРОВОДУ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТРУБКИ ПИТО.

Цель работы - построить по опытным данным эпюру распределения скоростей (по величине динамического давления) при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки Пито.

ОПИСАНИЕ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ.

Участок исследования эпюр распределения скоростей (по величине динамического давления) при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки Пито (рис. 4) включает в себя:

- трубопровод диаметром 120 мм;

- вентилятор производительностью 410 м³/ч и максимально-возможным давлением 350 Па (частота вращения 2450 об/мин, мощность 80 Вт);
- спрямляющую решётку;
- трубку Пито с подсоединенным к ней датчиком давления *P19*;
- датчик статического давления *P18*;
- крышка регулирования потока.

Воздух забирается из атмосферы вентилятором и через спрямляющую решётку по трубопроводу диаметром 120 мм подаётся на трубку Пито и датчик статического давления. Кнопка включения вентилятора расположена справа стороны на блоке управления включения стенда под кнопкой «Режим». Для регулирования скорости и статического давления на правой стороне трубы расположена регулировочная крышка (при закручивании статическое давление возрастает, скоростная составляющая давления падает). Величина расхода является постоянной и равняется 410 м³/ч.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1 Выполнить операции по пунктам 1-3 лабораторной работы №1.

2 В ноутбуке (на рабочем столе) запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Газовая динамика» Далее выбрать отображение «P18, P19». На экране появятся показания выбранных датчиков (рис. 9). Если показания датчиков отличаются от 0, необходимо запустить программу калибровки нуля с помощью строки «Калибровка» (рис. 10). В выпадающем меню выбрать «PL» - датчики низкого давления.

3 Запустить вентилятор кнопкой на блоке управления включения стенда, подогревателя, вентилятора и компрессора (рис. 11).

4 Выставить трубку Пито в крайнее положение (открутить колпачок, переместить трубку, закрутить колпачок).

5 Подождать 3 мин и выбрать среднее показания датчиков *P18*, *P19*. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

6 Переместить трубку на расстояние указанное преподавателем и повторить операции по п. 5.

7 Повторить испытания по пунктам 3-6 при различных давлениях. Для регулирования скорости и статического давления на правой стороне трубы расположена регулировочная крышка (при закручивании статическое давление возрастает, скоростная составляющая давления падает).

8 Отключить вентилятор. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, выключить питание оборудования. Выключить автомат «Сеть».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ НА МЕСТНОМ СОПРОТИВЛЕНИИ – ДИАФРАГМЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ДИАФРАГМЫ, КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА.

Цель работы - определить по опытным данным значение коэффициентов для диафрагмы.

ОПИСАНИЕ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ.

Участок исследования потерь напора на местном сопротивлении – диафрагме (рис. 6) включает в себя диафрагму диаметром 2 мм, два датчика давления: на входе *P12*, на выходе *P13* из диафрагмы и два датчика температуры на входе *T6* и на выходе *T7*.

Газ (воздух) из ресивера, через запорные вентили 3-1, 3-3, 3-2, фильтр, запорный вентиль 3-5 поступает на редукционный клапан 1. После редукционного клапана 1 через запорный вентиль 3-6, расходомер 1 и запорный вентиль 3-12 поступает на участок исследования потерь напора на местном сопротивлении – диафрагме. Отработанный воздух через запорный вентиль тонкой регулировки ВЗТР-1 выбрасывается в атмосферу. В процессе работы запорные вентили 3-4, 3-7, 3-9, 3-10, 3-11 должны быть закрыты. Величина расхода измеряется расходомером 1. Для регулирования величины перепада на диафрагме служит вентиль тонкой регулировки ВЗТР-1.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1 Выполнить операции по пунктам 1-3 лабораторной работы №1.

2 В ноутбуке (на рабочем столе) запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Газовая динамика» Далее выбрать отображение «Давление (выс.)» или «Расходомеры». На экране появятся показания выбранных датчиков (рис. 9). Если показания датчиков отличаются от 0, необходимо запустить программу калибровки нуля с помощью строки «Калибровка» (рис. 10). В ниспадающем меню выбрать необходимые датчики для калибровки: «РН» - датчики высокого давления, «ТТ» - датчики температуры.

3 Выполнить операции по пунктам 5, 6 лабораторной работы №1.

4 Закрыть вентили 3-4, 3-7, 3-8, 3-9, 3-10, 3-11.

5 Ручка регулирования редукционного клапана 1 необходимо перевести в положение «-».

6 Открыть запорные вентили 3-3, 3-2, 3-5, 3-6, 3-12, ВЗТР-1.

7 Регулируя расход газа (воздуха) из ресивера редукционным клапаном 1 от уменьшения к увеличению и наоборот, снять показания расходомера, датчиков давления $P12$, $P13$, датчиков температуры $T6$, $T7$. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

8 Повторить испытания по пункту 7 при различных значениях противодавления и температуры. Величина противодавления регулируется вентилем ВЗТР-1. Величина температуры регулируется подогревателем.

9 По окончании эксперимента перекрыть редукционный клапан 1 вентили 3-5, 3-6, 3-12, 3-2, 3-3, 3-1. При необходимости (по команде преподавателя) сбросить давление из ресивера, открыв вентиль дренажа, вентили 3-1, 3-3, 3-2. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, выключить питание оборудования. Выключить автомат «Сеть».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ НА МЕСТНОМ СОПРОТИВЛЕНИИ – РЕГУЛИРУЕМОЙ ЗАДВИЖКЕ (ДРОССЕЛЕ). ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАДВИЖКИ, КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА.

Цель работы - определить по опытным данным потери на местном сопротивлении – регулируемой задвижке (дросселе), определить коэффициент сопротивления задвижки, коэффициент расхода.

ОПИСАНИЕ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ.

Участок исследования потерь на местном сопротивлении – регулируемом дресселе (рис. 3) включают в

себя регулируемый дроссель, два датчика давления $P7$, $P9$, манометр $M1$, датчик измерения перепада $P11$. Газ (воздух) из ресивера, через запорные вентили 3-1, 3-3, 3-2, фильтр, запорный вентиль 3-4, расходомер 1, запорный вентиль 3-7, расходомер 2 (ротаметр) поступает на редукционный клапан 2. После редукционного клапана 2 попадает на участок изучения приборов и методов определения давления. Отработанный воздух через участок исследования эпюр распределения скоростей при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки Пито, и запорный вентиль тонкой регулировки ВЗТР-3 выбрасывается в атмосферу. В процессе работы запорные вентили 3-5, 3-6, 3-8, 3-9, 3-10, 3-11, 3-12 должны быть закрыты.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1 Выполнить операции по пунктам 1-9 лабораторной работы №1.

2 Регулируя расход газа (воздуха) из ресивера редукционным клапаном 2 от уменьшения к увеличению и наоборот, снять показания датчиков давления $P7$, $P11$, $P9$ и манометра $MН1$. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

3 Повторить испытания по пункту 10 при различных степенях открытия дросселя и значениях противодавления. Степень открытия дросселя ДТР-1 регулируется ручкой. Величина противодавления регулируется вентилем ВЗТР-3.

ДАВЛЕНИЕ НА ДАТЧИКАХ $P7$, $P11$, $P9$ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЕРИМЕНТА НЕ ДОЛЖНО ПРЕВЫШАТЬ 200 кПа (линия низкого давления).

4 По окончании эксперимента перекрыть редукционный клапан 2 вентили 3-4, 3-2, 3-3, 3-1. При необходимости (по команде преподавателя) сбросить давление из ресивера, открыв вентиль дренажа, вентили 3-1,

3-3, 3-2. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, выключить питание оборудования. Выключить автомат «Сеть».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6.

ИСТЕЧЕНИЕ ВОЗДУХА ИЗ РЕСИВЕРА: ДОКРИТИЧЕСКИЙ, КРИТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕЧЕНИЯ.

Цель работы - опытным путем исследовать истечения воздуха из ресивера: докритический, критический режим течения.

ОПИСАНИЕ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ.

Участок исследования истечения воздуха из ресивера представляет собой: ресивер, датчики давления $P17$, $P14$, $P15$, датчик температуры $T1$, запорные вентили 3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-11, ВЗТР-2.

Газ (воздух) из ресивера, через запорные вентили 3-1, 3-3, 3-2, фильтр, запорные вентили 3-4, 3-11 поступает участок исследования течения в сопле Лавая. Отработанный воздух через запорный вентиль тонкой регулировки ВЗТР-2 выбрасывается в атмосферу. В процессе работы запорные вентили 3-5, 3-6, 3-7, 3-9, 3-10, 3-12 должны быть закрыты. Величина расхода измеряется расходомером 1. Для регулирования величины перепада на сопле служит вентиль тонкой регулировки ВЗТР-2.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1 Выполнить операции по пунктам 1-3 лабораторной работы №1.

2 В ноутбуке (на рабочем столе) запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Газовая динамика» Далее выбрать отображение «Давление (выс.)» или

«Расходомеры». На экране появятся показания выбранных датчиков (рис. 9). Если показания датчиков отличаются от 0, необходимо запустить программу калибровки нуля с помощью строки «Калибровка» (рис. 10). В ниспадающем меню выбрать необходимые датчики для калибровки: «РН» - датчики высокого давления, «ТТ» - датчики температуры.

3 Выполнить операции по пунктам 5, 6 лабораторной работы №1.

4 Закрыть вентили 3-5, 3-6, 3-7, 3-8, 3-9, 3-10, 3-12 ВЗТР-2.

5 Ручка регулирования редукционного клапана 1 необходимо перевести в положение «-».

6 Открыть запорные вентили 3-3, 3-2, 3-1, 3-4.

7 Регулируя расход газа (воздуха) из ресивера вентилем ВЗТР-2, добиться различных режимов истечения из ресивера и снять показания расходомера, датчиков давления *P17, P14, P15*, датчиков температуры *T1*. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

8 По окончании эксперимента перекрыть вентили 3-4, 3-2, 3-3, 3-1, ВЗТР-2. При необходимости (по команде преподавателя) сбросить давление из ресивера, открыв вентиль дренажа, вентили 3-1, 3-3, 3-2. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, выключить питание оборудования. Выключить автомат «Сеть».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гидравлические расчеты в теплоэнергетике: Учеб. пособие/ А.Н. Глушаков, В.В. Фалеев; Воронеж, политехн. ин-т. Воронеж, 1991. – 85 с.
2. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. 2-е изд. - М.: Недра, 1982. - 223 с.
3. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика: Учеб. для вузов. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1987. - 440 с.
4. Сборник задач по гидроаэромеханике: Учеб. пособие/ Г.С. Самойлович. В.В. Нитусов. - М.: Машиностроение, 1986. - 162 с.
5. Теплофизические свойства веществ. Справочник. - М.: Энергоиздат, 1962. - 406 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	4
Лабораторная работа №1. Изучение приборов и методов определения давления.....	18
Лабораторная работа №2. Изучение метода определения расхода воздуха по расходомеру	20
Лабораторная работа №3. Исследование эпюр распределения скоростей (по величине динамического давления) при течении воздуха по трубопроводу круглого сечения с помощью трубки Пито.....	21
Лабораторная работа №4. Исследование потерь на местном сопротивлении – диафрагме. Определение коэффициента сопротивления диафрагмы, коэффициента расхода	24

Лабораторная работа №5.

Исследование потерь на местном сопротивлении – регулируемой задвижке (дросселе). Определение коэффициента сопротивления задвижки, коэффициента расхода26

Лабораторная работа №6.

Истечение воздуха из ресивера: докритический, критический режим течения28

Библиографический список31

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине “Газовая динамика” для студентов специальности 160700.65, 24.05.02
«Проектирование авиационных и ракетных двигателей»
очной формы обучения

Составители: Дроздов Игорь Геннадьевич
Шматов Дмитрий Павлович
Кружаев Константин Валерьевич
Любинецкий Максим Андреевич
Винокуров Иван Владимирович

В авторской редакции

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп.,14