

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра «Ракетные двигатели»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Прикладная гидрогазодинамика» для студентов
специальности 160700.65. 24.05.02 «Проектирование
авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения

Воронеж 2015

Составители: доктор техн. наук И.Г. Дроздов
канд. техн. наук Д.П. Шматов
канд. техн. наук К.В. Кружаев
аспирант И.В. Винокуров

УДК 621.45.038

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Прикладная гидрогазодинамика» 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, И.В. Винокуров Воронеж, 2015. 43 с.

Разработанные методические указания предназначены для студентов, выполняющих лабораторный практикум по дисциплине «Прикладная гидрогазодинамика».

Библиогр: 5 назв. Ил. 12.

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

ВВЕДЕНИЕ

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.

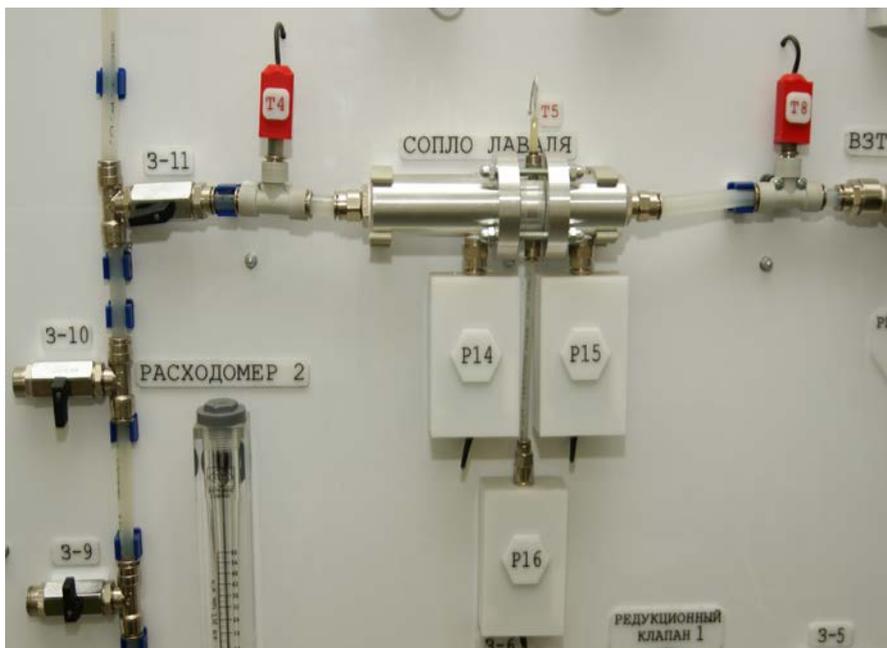


Рис. 7. Участок исследования течения в сопле Лавалья.

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 выпадающем меню выбрать необходимые датчики для калибровки: «PH» - датчики высокого давления, «PL» - датчики низкого давления, «TT» - датчики температуры.

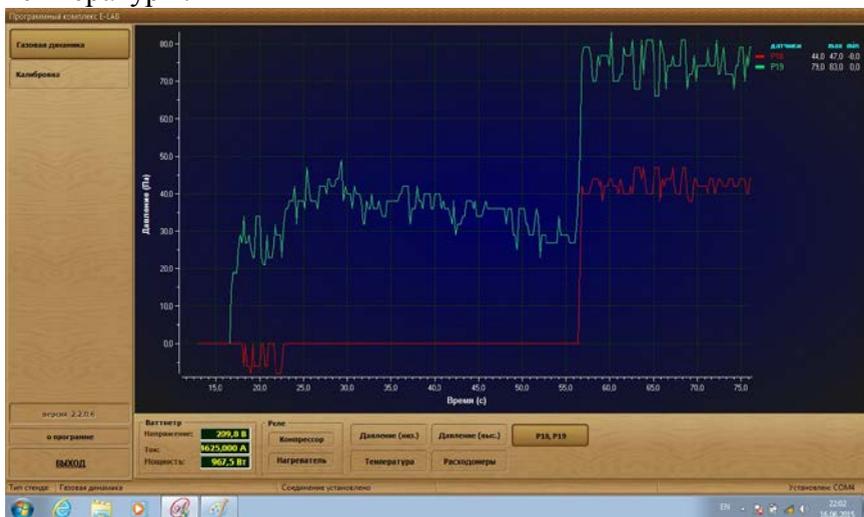


Рис. 9. Окно программы E-LAB.

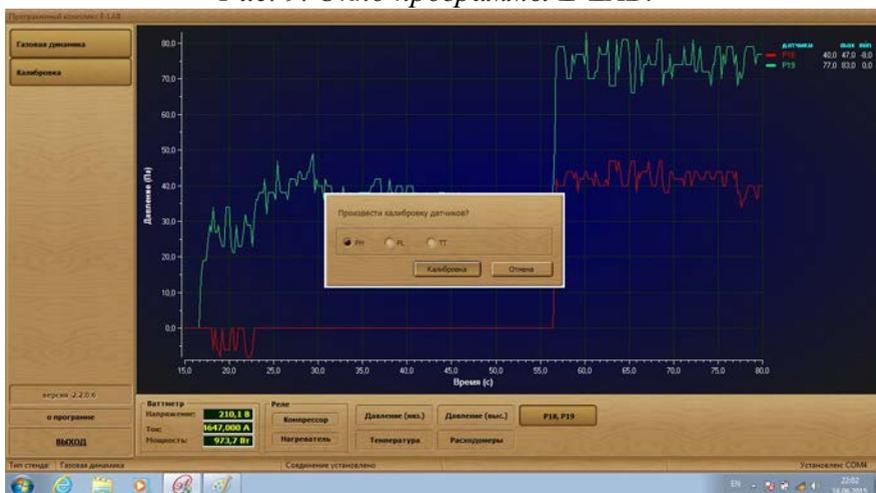


Рис. 9. Окно программы E-LAB.

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

- автоматов включения электропитания стенда «Сеть»;
- кнопки включения электропитания стендового 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. 10. 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 $10\text{Nm} = 1,02\text{ Kg}\cdot\text{m}$).

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°C до +40°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

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – опытным путем исследовать характеристики компрессора.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Рабочий цикл любого идеального одноступенчатого компрессора (рис.2), осуществляемый с 1 кг рабочего тела, можно представить состоящим из трех последовательных процессов.

Первый - обратимый (без трения и других диссипативных эффектов) *механический* процесс всасывания газа в компрессор. Для поршневого компрессора это соответствует ходу поршня от верхнего мертвого положения (ВМП) до нижнего (НМП) при открытом всасывающем клапане. Изменения термодинамических параметров газа при этом не происходит, но его количество увеличивается. В координатах $P - v$ он условно изображается штриховой линией $a - 1$. Силы давления P_1 , действуя на поверхность поршня компрессора, при его перемещении от ВМП до НМП совершают работу. Работа газа при всасывании получается положительной. Ее величина определяется через элементарную работу газа в равновесных и обратимых процессах в соответствии с выражением

$$l_{a-1} = \int_a^1 P v dm + \int_a^1 P m dv = R_1 v_1 (1 - 0) + 0 = R_1 v_1 > 0 \quad (1)$$

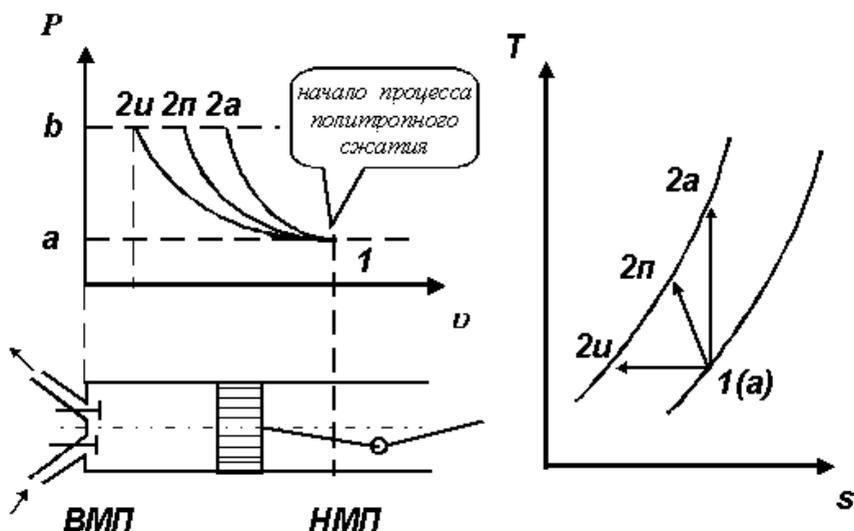


Рис.12. Рабочий процесс идеального одноступенчатого компрессора: *a - 1* - всасывание; *1 - 2* - сжатие в компрессоре; *2 - b* - нагнетание

Второй - обратимый термодинамический процесс *1 - 2* сжатия рабочего тела в компрессоре с показателем политропы *n*, определяемым при выполнении лабораторной работы. Поршень движется по направлению к ВМП, оба клапана закрыты, масса рабочего тела остается неизменной. Сжатие заканчивается при достижении в цилиндре давления P_2 , равного давлению потребителя. Работа в этом процессе является отрицательной, так как совершается над газом за счет внешнего привода

$$l_{1-2} = \int_1^2 P dv = \frac{RT_1}{n-1} \left(1 - \pi^{\frac{n-1}{n}} \right) < 0, \quad (2)$$

где $\pi = \frac{P_2}{P_1}$ - степень повышения давления в компрессоре.

Показатель политропы сжатия n определяется выражением:

$$n = \frac{1}{1 + \frac{\ln \frac{T_1}{T_2}}{\ln \frac{P_2}{P_1}}} \quad (3)$$

Третий - обратимый механический процесс 2 - b нагнетания газа в ресивер компрессора. В этом процессе параметры газа остаются неизменными и равными P_2 , v_2 , и T_2 . Масса газа убывает от 1 кг в состоянии 2 до 0 кг в состоянии b (при достижении поршня ВМП). Работа нагнетания получается отрицательной, так как направлена на преодоление сопротивления сил давления в ресивере компрессора

Ошибка!

$$l_{2-b} = \int_2^b P v dm + \int_2^b P m dv = P_2 v_2 (0 - 1) + 0 = -P_2 v_2 < 0 \quad (4)$$

1.1 Описание опытной установки

Участок исследования характеристик компрессора представляет собой: компрессор, датчики давления $P17$, $P14$, $P15$, датчик температуры $T4$, запорные вентили 3-2, 3-3, 3-4, 3-11, ВЗТР-2.

Газ (воздух) из компрессора, через запорные вентили 3-3, 3-2, фильтр, запорные вентили 3-4, 3-11 поступает участок исследования течения в сопле Лавала. 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.

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

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

5 Включить реле давления компрессора. Запустить компрессор кнопкой на блоке управления включения стенда, подогревателя, вентилятора и компрессора (рис. 11).

6 Регулируя расход газа (воздуха) и величину давления от компрессора вентилем ВЗТР-2, добиться различных режимов работы компрессора и снять показания расходомера, датчиков давления $P14$, $P15$, датчиков температуры $T4$. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

7 По окончании эксперимента перекрыть вентили 3-4, 3-2, 3-3, ВЗТР-2. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, выключить питание оборудования. Выключить автомат «Сеть».

Методика проведения и обработки опытов

1. Определить значения давления и температуры воздуха в лаборатории.

2. Открыть вентиль 7, включить электродвигатель 2 компрессора. Прикрывая вентиль, создать в ресивере компрессора P_2 требуемое избыточное давление P_2 . По истечении заданного времени работы компрессора замерить время протекания 10 литров воздуха через газовый счетчик, показания манометра P_2 , и ваттметра W , а также величину термо-ЭДС термопары с милливольтметра. Результаты замеров занести в табл.1.

3. Аналогичным образом поступить на втором и всех последующих режимах, отличающихся друг от друга более высоким давлением P_2 (количество режимов задаётся преподавателем).

Таблица 1

Номер опыта	$P_{\text{атм}}$, Па	P_2 изб, кГс/см ²	$t_{\text{ком}}$, С	Δt		, ,	, ,
				В	С		
1							
2							
3							

4. После проведения опытов плавно открыть вентиль, охладить компрессор его работой без нагрузки и выключить электродвигатель.

5. Провести обработку опытных данных. Результаты расчётов свести в табл.2.

Таблица 2

$P_1 = \dots$				ν			$T_1 = \dots$			
Pa				$1 = \dots \text{ м}^3/\text{кг}$			K			
омер	2,	ν	2,	n	$l_k,$	$G_v,$	$G_m,$	$N_{ки},$	$N_{ку},$	ку
пыта	а	$^3/\text{кг}$			ж/кг	$^3/\text{с}$	г/с	т	т	

При проведении расчётов для определения параметров состояния воздуха на входе и выходе из компрессора использовать уравнение состояния идеального газа. Показатель политропы сжатия рассчитать по формуле (3), а удельную техническую работу компрессора в соответствии с выражением

$$l_k = l_{2-1} + l_{1-2} + l_{2-3} = - \int_1^2 \nu dP = \frac{n}{n-1} RT_1 \left(1 - \pi^{\frac{n-1}{n}} \right)$$

Мощность идеального компрессора

$$N_{ки} = l_k G_m,$$

где $G_m = \frac{G_v}{\nu_1}$ - массовый расход воздуха.

Мощность реальной компрессорной установки определить через потребляемую электрическую мощность и КПД электродвигателя

$$N_{ку} = W \cdot \eta_{\text{эл.двиг.}}$$

Для лабораторной установки КПД электродвигателя принять равным 95%. Совершенство компрессорной установки, т.е. степень приближения реальной установки к идеальной, оценить относительным КПД

$$\eta_{ку} = N_{ки} / N_{ку}$$

6. Построить рабочую диаграмму термодинамического процесса сжатия для каждого режима.

Дополнительные задания

1. Построить зависимости мощности компрессорной установки $N_{ку}$ и ее коэффициента полезного действия $\eta_{ку}$ от степени повышения давления в компрессоре.

2. Вычислить удельную техническую работу компрессора при изотермическом и адиабатном сжатии воздуха для одного из режимов опыта. Изобразить P - v диаграмму этих процессов.

3. Установить пределы возможных значений показателя политропы сжатия для данной компрессорной установки.

4. Процесс сжатия заканчивается в точке b . Объясните принцип работы такого компрессора.

5. Сколько литров сжатого воздуха можно получить за 15 минут работы компрессора в условиях первого опыта?

6. Определить объёмный и массовый расход воздуха по входу и выходу из компрессора в условиях одного из опытов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ В СОПЛЕ ЛАВАЛЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – опытным путем исследовать течения в сопле Лавалья.

2.1 Описание опытной установки

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.

2.2 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 3-4, 3-7, 3-8, 3-9, 3-10, 3-12.

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

6 Открыть запорные вентили 3-3, 3-2, 3-5, 3-6, 3-11, ВЗТР-2.

7 Регулируя расход газа (воздуха) из ресивера редукционным клапаном 1 от уменьшения к увеличению и наоборот, снять показания расходомера, датчиков давления $P14$, $P15$, $P16$ датчиков температуры $T4$, $T5$, $T8$. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

8 Повторить испытания по пункту 7 при различных значениях противодействия и температуры. Величина противодействия регулируется вентилем ВЗТР-2. Величина температуры регулируется подогревателем.

9 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

ОБТЕКАНИЕ ПРОФИЛЯ ЦИЛИНДРА ИЛИ ПЛАСТИНЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – исследовать опытным путем обтекание профиля пластины.

3.1 Описание опытной установки

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 T_2 и датчик давления P_2 (расстояния измерения давления датчика до пластины составляет 5 мм). Далее в пластине последовательно установлены четыре датчика P_3 (расстояния измерения давления датчика от края пластины составляет 5 мм), P_4 (расстояния измерения давления датчика от края пластины составляет 25 мм), P_5 (расстояния измерения давления датчика от края пластины составляет 50 мм), P_6 (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

3.2 Порядок выполнения работы

1 Выполнить операции по пунктам 1-6 лабораторной работы №1.

2 Закрывать вентили 3-5, 3-6, 3-9, 3-10, 3-11, 3-12, закрыть дроссель ДТР-1.

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

4 Открыть запорные вентили 3-3, 3-2, 3-4, 3-7, ВЗТР-4.

5 Регулируя расход газа (воздуха) из ресивера редукционным клапаном 2 от уменьшения к увеличению и наоборот, снять показания расходомера, датчиков давления P_2 , P_3 , P_4 , P_5 , P_6 датчика температуры T_2 . Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

6 Повторить испытания по пункту 5 при различных значениях противодавления. Величина противодавления регулируется вентилем ВЗТР-4.

ДАВЛЕНИЕ НА ДАТЧИКАХ P_2 , P_3 , P_4 , P_5 , P_6 , P_8 , P_7 В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЕРИМЕНТА НЕ ДОЛЖНО ПРЕВЫШАТЬ 200 кПа (линия низкого давления).

7 По окончании эксперимента перекрыть редукционный клапан 2 вентили 3-4, 3-7, 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».

3.3 общие рекомендации по работе на стенде

1 Стенд необходимо подключить к защитному заземлению.

2 В течение всего времени занятий в лаборатории

студенты обязаны находиться на своих рабочих местах. Выходить из помещения лаборатории во время занятий можно только с разрешения преподавателя.

3 Сетевой разъем для вилки электропровода должен соответствовать ей по форме, напряжению, частоте и соответствовать действующим нормам техники безопасности.

4 При использовании удлинителя длина его кабеля не должна превышать 5 м, а его сечение должно соответствовать сечению кабеля стенда.

5 Не рекомендуется использовать удлинители большей длины, много контактные штепсели или переходные устройства.

6 Запрещается направлять струю сжатого воздуха на людей, животных или на собственное тело. (Чтобы со струей сжатого воздуха в глаза не попали мелкие частицы пыли, надевайте защитные очки).

7 Запрещается направлять струю сжатого воздуха в сторону стенда.

8 Запрещается резко дергать электропровод питания, выключая стенд из сети, или тянуть за него, пытаясь сдвинуть стенд с места.

9 Запрещается оставлять лабораторный стенд под воздействием неблагоприятных атмосферных явлений (дождь, прямые солнечные лучи, туман, снег).

10 Запрещается перевозить лабораторный стенд с места на место, не сбросив предварительно давление из ресивера.

11 Запрещается производить механический ремонт или сварку ресивера. При обнаружении дефектов или признаков коррозии металла необходимо его полностью заменить.

12 Допускать к работе со стендом неквалифицированный или неопытный персонал. Не разрешайте приближаться к стенду детям и животным.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В НАПОРНОМ ТРУБОПРОВОДЕ ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ УДАРЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОГО ДАВЛЕНИЯ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ФОРМУЛЫ Н.Е. ЖУКОВСКОГО

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – определить опытным путем величину повышения давления $\Delta p_{\text{оп}}$ при гидравлическом ударе в напорном трубопроводе, сравнить ее с величиной Δp , вычисленной по формуле Н. Е. Жуковского, и подсчитать относительное отклонение.

4.1 Описание опытной установки

Участок изучения характера изменения давления при гидравлическом ударе (рис.1) включает в себя трубопровод диаметром 15 мм и длиной 7 м, клапан отсечной (вентиль запорный) 3-10, датчик давления P17. Жидкость к данному участку подается из гидробака 1 насосами Н-1 и (или) Н-2 через запорные вентили 3-17, 3-15, 3-16, 3-12, 3-14, 3-9. Расход жидкости измеряется датчиками расхода турбинного типа Q-1 и (или) Q-2. Жидкость, прошедшая участок поступает в гидробак 1.

4.2 Порядок выполнения работы

1 Выполнить операции по пунктам 1-4 лабораторной работы №2.

2 В ноутбуке запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Конфигурация» и в ниспадающем окне выбрать датчик P17. Заккрыть окно. Выбрать в меню

строку «Графики». На экране появятся показания датчиков. Если показания датчиков отличаются от 0, необходимо запустить программу калибровки нуля с помощью строки «Калибровка».

3 Открыть вентили 3-9, 3-12, 3-14, 3-15, 3-16, 3-17, вентили 3-11, 3-13, 3-19, 3-18, 3-5, 3-1, 3-7, 3-20, 3-21 должны быть закрыты.

4 Запустить насосы Н-1, Н-2. Возможна работа при последовательном соединении насосов Н-1, Н-2 необходимо открыть вентили 3-13, 3-16, 3-12, 3-17, вентили 3-14, 3-15 должны быть закрыты.

5 Нажатием кнопки «Клапан» закрыть клапан отсечной 3-10 или вручную закрыть вентиль запорный 3-10.

6 Открыть отсечной клапан (вентиль запорный) 3-10.

7 Снять показания датчика Р17 и датчиков расхода Q-1, Q-2. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

8 Повторить испытания по пунктам 2-7 при различных расходах. Расход регулируется с помощью вентили 3-9 и (или) выбора режимов работы насосов. Допускается также работа одного из насосов, вентили на входе в нерабочий насос должны быть закрыты. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

9 По окончании эксперимента выключит насосы Н-1, Н-2, перекрыть вентили 3-9, 3-12, 3-14, 3-15, 3-16, 3-17. Закрыть программу с помощью кнопки выход. Отключить ноутбук. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, выключить питание оборудования. Выключается автомат «Сеть».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить работу насосной установки. Изучить методику снятия нормальных энергетических характеристик насоса.

5.1 Описание опытной установки

Участок определения напорных характеристик насоса (рис.1) включает в себя два насоса Н-1 и Н-2, датчики давления Р19 и Р18 на входе и выходе насоса Н-1, датчики давления Р21 и Р20 на входе и выходе насоса Н-2, датчики расхода Q-1, Q-2. Для определения напорных характеристик насоса Н-1 жидкость поступает из гидробака 1, через запорные вентили 3-17, 3-15. После насоса Н-1 жидкость через вентиль 3-12 поступает в гидробак 1 через вентили 3-9, 3-5, 3-6, 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, клапан отсечной (вентиль запорный) 3-10. Для определения напорных характеристик насоса Н-2 жидкость поступает из гидробака 1, через запорные вентили 3-17, 3-16. После насоса Н-2 жидкость через вентиль 3-14 поступает в гидробак 1 через вентили 3-9, 3-5, 3-6, 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, клапан отсечной (вентиль запорный) 3-10. Возможна работа с предварительным давлением на входе в насос Н-1, в этом случае жидкость подается на вход насоса Н-1 насосом Н-2 через вентили 3-17, 3-16, 3-13. Вентили 3-15 и 3-14 закрыты.

5.2 Порядок выполнения работы

1 Выполнить операции по пунктам 1-4 лабораторной работы №2.

2 В ноутбуке запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Конфигурация» и в ниспадающем

окне выбрать датчики P19, P18, для снятия напорной характеристики насоса Н-1. Закрыть окно. Выбрать в меню строку «Графики». На экране появятся показания датчиков. Если показания датчиков отличаются от 0, необходимо запустить программу калибровки нуля с помощью строки «Калибровка».

3 Для снятия напорной характеристики насоса Н-1 необходимо открыть вентили 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, 3-5, 3-6, 3-9, 3-12, 3-15, 3-17, вентили 3-11, 3-13, 3-14, 3-16, 3-18, 3-19, 3-20, 3-21 должны быть закрыты.

4 Запустить насос Н-1. Вывести его на исходный установившийся режим работы. При необходимости здренировать воздух с помощью крана Маевского 13.

5 Снять показания датчиков давления на входе P19 и выходе P18 в насос и датчика расхода Q-1. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

6 Изменить режим работы насоса по расходу, повторить измерения по пунктам 2-5. Расход регулируется с помощью вентилей 3-12. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

7 Изменить режим работы насоса по числу оборотов, повторить измерения по пунктам 2-6. Частота вращения насоса регулируется с помощью переключателя на его корпусе. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

8 По окончании эксперимента выключит насос Н-1, перекрыть вентили 3-12, 3-15, 3-17. Закрыть программу с помощью кнопки выход.

9 В ноутбуке запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Конфигурация» и в ниспадающем

окне выбрать датчики P21, P20, для снятия напорной характеристики насоса Н-2. Закрыть окно. На экране появятся показания датчиков.

10 Для снятия напорной характеристики насоса Н-2 необходимо открыть вентили 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, 3-5, 3-6, 3-9, 3-14, 3-16, 3-17, вентили 3-11, 3-13, 3-12, 3-15, 3-18, 3-19, 3-20, 3-21 должны быть закрыты.

11 Запустить насос Н-2. Вывести его на исходный установившийся режим работы. При необходимости здренировать воздух с помощью крана Маевского 13.

12 Снять показания датчиков давления на входе P21 и выходе P20 в насос и датчика расхода Q-2. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

13 Изменить режим работы насоса по расходу, повторить измерения по пунктам 9-12. Расход регулируется с помощью вентиля 3-12. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

14 Изменить режим работы насоса по числу оборотов, повторить измерения по пунктам 9-13. Частота вращения насоса регулируется с помощью переключателя на его корпусе. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

15 По окончании эксперимента выключит насос Н-2, перекрыть вентили 3-16, 3-14, 3-17. Закрыть программу с помощью кнопки выход. Отключить ноутбук. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, выключить питание оборудования. Выключается автомат «Сеть».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСОВ ПРИ ИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ И ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – Изучить работу насосной установки при последовательном и параллельном соединении насосов. Получить энергетические характеристики насосов при их последовательном и параллельном соединении.

6.1 Описание опытной установки

Участок снятия характеристик насосов при их последовательном и параллельном соединении включает в себя два насоса Н-1 и Н-2, датчики давления P19 и P18 на входе и выходе насоса Н-1, датчики давления P21 и P20 на входе и выходе насоса Н-2, датчики расхода Q-1, Q-2. Для определения напорных характеристик при параллельном соединении насосов Н-1, Н-2 жидкость к насосам поступает из гидробака 1, через запорные вентили 3-17, 3-15, 3-16. После насосов Н-1, Н-2 жидкость через вентили 3-12, 3-14 – далее по трубопроводам поступает в гидробак 1 через вентили 3-9, 3-5, 3-6, 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, клапан отсечной (вентиль запорный) 3-10. Для определения напорных характеристик при последовательном соединении насосов Н-2, Н-1 жидкость поступает из гидробака 1, через запорные вентили 3-17, 3-16. После насоса Н-2 жидкость через вентиль 3-13 поступает к насосу Н-1 – далее в гидробак 1 через вентили 3-9, 3-5, 3-6, 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, клапан отсечной (вентиль запорный) 3-10.

6.2 Порядок выполнения работы

1 Выполнить операции по пунктам 1-4 лабораторной работы №2.

2 Для определения напорных характеристик при параллельном соединении насосов в ноутбуке запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Конфигурация» и в ниспадающем окне выбрать датчики P19, P18, P21, P20. Закрывать окно. Выбрать в меню строку «Графики». На экране появятся показания датчиков. Если показания датчиков отличаются от 0, необходимо запустить программу калибровки нуля с помощью строки «Калибровка».

3 Для снятия напорной характеристики при параллельном соединении насосов Н-1, Н-2 необходимо открыть вентили 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, 3-5, 3-6, 3-9, 3-12, 3-15, 3-16, 3-14, 3-17, вентили 3-11, 3-13, 3-18, 3-19, 3-20, 3-21 должны быть закрыты.

4 Запустить насосы Н-1, Н-2. Вывести насосы на исходный установившийся режим работы. При необходимости дренировать воздух с помощью крана Маевского 13.

5 Снять показания датчиков давления P19, P18, P21, P20 и датчиков расхода Q-1, Q-2. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

6 Изменить режим работы насосов по расходу, повторить измерения по пунктам 2-5. Расход регулируется с помощью вентиля 3-12 (для насоса Н-1), 3-14 (для насоса Н-2) и (или) выбора режимов работы насосов. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

7 Изменить режим работы насосов по числу оборотов, повторить измерения по пунктам 2-6. Частота вращения насосов регулируется с помощью переключателя на их корпусах. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

8 По окончании эксперимента выключит насосы Н-1, Н-2, перекрыть вентили 3-12, 3-15, 3-14, 3-16, 3-17. Закройте программу с помощью кнопки выход.

9 Для снятия напорной характеристики при последовательном соединении насосов Н-1, Н-2 в ноутбуке запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Конфигурация» и в ниспадающем окне выбрать датчики P19, P18, P21, P20. Закройте окно. На экране появятся показания датчиков.

10 Для снятия напорной характеристики при последовательном соединении насосов Н-1, Н-2 необходимо открыть вентили 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, 3-5, 3-6, 3-9, 3-13, 3-16, 3-12, 3-17, вентили 3-11, 3-14, 3-15, 3-18, 3-19, 3-20, 3-21 должны быть закрыты.

11 Запустить насосы Н-2, Н-1. Вывести насосы на исходный установившийся режим работы. При необходимости здренировать воздух с помощью крана Маевского 13.

12 Снять показания датчиков давления P19, P18, P21, P20 и датчиков расхода Q-1, Q-2. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

13 Изменить режим работы насосов по расходу, повторить измерения по пунктам 9-12. Расход регулируется с помощью вентиля 3-12. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

14 Изменить режим работы насосов по числу оборотов, повторить измерения по пунктам 9-13. Частота вращения насосов регулируется с помощью переключателя на их корпусах. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

15 По окончании эксперимента выключит насосы Н-1, Н-2, перекрыть вентили 3-15, 3-12, 3-13, 3-17. Закрыть программу с помощью кнопки выход. Отключить ноутбук. Используя кнопку управления, а именно красную кнопку, выключить питание оборудования. Выключается автомат «Сеть».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

КАВИТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ -

1 Убедится на практике в существовании явления кавитации в насосе и уяснить причины ее возникновения.

2 Освоить методику кавитационных испытаний центробежного насоса.

3 Получить в результате испытаний кавитационную характеристику насоса

7.1 Описание опытной установки

Участок определения кавитационных характеристик насоса (рис.1) включает в себя два насоса Н-1 и Н-2, датчики давления Р19 и Р18 на входе и выходе насоса Н-1, датчики давления Р21 и Р20 на входе и выходе насоса Н-2, датчики расхода Q-1, Q-2. Для определения кавитационных характеристик насоса Н-1 жидкость поступает из гидробака 2, через запорные вентили 3-20, 3-15. После насоса Н-1 жидкость через вентиль 3-12 поступает в гидробак 1 через вентили 3-9, 3-5, 3-6, 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, клапан отсечной (вентиль запорный) 3-10. Для определения кавитационных характеристик насоса Н-2 жидкость поступает из гидробака 2, через запорные вентили 3-20, 3-16. После насоса Н-2

жидкость через вентиль 3-14 поступает в гидробак 1 через вентили 3-9, 3-5, 3-6, 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, клапан отсечной (вентиль запорный) 3-10.

7.2 Порядок выполнения работы

1 Выполнить операции по пунктам 1-2 лабораторной работы №2.

2 Заправить гидробак 1 («вручную», через верхнюю крышку или от напорной магистрали через линию перелива). Все запорные вентили стенда закрыты.

3 Открыть вентили 3-17, 3-20, 3-19 и заполнить водой гидробак 2 (вода перетекает самостоятельно из гидробака 1).

4 Дозаправить гидробак 1 (согласно пункту 2).

5 Включит ноутбук, который подключается к блоку управления автоматически (через модем).

6 В ноутбуке запустить программу E-LAB, выбрать в меню строку «Конфигурация» и в ниспадающем окне выбрать датчики P19, P18, P22, для снятия кавитационной характеристики насоса Н-1. Закрыть окно. Выбрать в меню строку «Графики». На экране появятся показания датчиков. Если показания датчиков отличаются от 0, необходимо запустить программу калибровки нуля с помощью строки «Калибровка».

7 Для снятия кавитационной характеристики насоса Н-1 необходимо открыть вентили 3-1, 3-2, 3-7, 3-8, 3-5, 3-6, 3-9, 3-12, 3-15, 3-17, вентили 3-11, 3-13, 3-14, 3-16, 3-18, 3-19, 3-20, 3-21 должны быть закрыты.

8 Запустить насос Н-1. Вывести его на исходный установившийся режим работы. При необходимости здренировать воздух с помощью крана Маевского 13.

9 Снять показания датчиков давления на входе P19 и выходе P18 в насос и датчика расхода Q-1. Масштаб графиков меняется растягиванием (сжатием) шкалы при одновременном нажатии левой кнопки мыши и «Ctrl».

10 Изменив режим работы насоса по величине входного давления таким образом, чтобы расход жидкости остался постоянным (открыть вентиль 3-20 и постепенно закрывать вентиль 3-17), повторить измерения по п. 10 и так до тех пор пока не будет достигнут срывной режим работы насосного агрегата.

11 Изменив 2 раза режим работы насоса по расходу, повторить измерения по пунктам 2-10. Расход регулируется с помощью вентиля 3-12. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

12 Изменив 2 раза режим работы насоса по частоте вращения ротора, повторить измерения по пунктам 2-11. Частота вращения насоса регулируется с помощью переключателя на его корпусе. Для обновления показаний датчиков необходимо выбрать в меню программы E-LAB строку «Сброс». Для сохранения данных снятых в процессе эксперимента необходимо в программе выбрать строку «Сохранить».

13 По окончании эксперимента выключит насос Н-1, перекрыть вентили 3-20, 3-12, 3-15, 3-17. Закрывать программу с помощью кнопки выход.

14 В случае неработоспособности насоса Н-1 после срыва потока при последующем запуске необходимо запустить последовательно насосы Н-2, Н-1 согласно пунктам 12 и 13 лабораторной работы №8.

7.3 общие рекомендации по работе на стенде

1 Стенд необходимо подключить к защитному заземлению.

2 В течение всего времени занятий в лаборатории студенты обязаны находиться на своих рабочих местах. Выходить из помещения лаборатории во время занятий можно

только с разрешения преподавателя.

3 Стенд необходимо подключить к канализации.

4 Слив воды в канализацию из гидробака 1 (рис.1) происходит через запорный вентиль З-11.

5 Слив воды в канализацию из гидробака 2 (рис.1) происходит через запорный вентиль З-18. Запорный вентиль З-19 должен быть открыт.

6 Слив воды в канализацию из гидробака 3 (рис.1) происходит через запорный вентиль З-4.

7 Слив воды в канализацию из гидробака 4 (рис.1) происходит через запорный вентиль З-3.

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.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
“Прикладная гидрогазодинамика” 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

Винокуров Иван Владимирович

В авторской редакции

ГОУВПО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14