

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

(ННГАСУ)

Кафедра теплогазоснабжения

Кафедра отопления и вентиляции

## **ИСПЫТАНИЕ ЭЖЕКТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к практическим и лабораторным работам по дисциплинам «Особенности расчёта, проектирования и конструирования систем ТГВ», «Создание и поддержание микроклимата в промышленных зданиях и уникальных сооружениях», «Вентиляция», «Насосы и вентиляторы» для магистрантов направления 270800.68 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» и студентов направления 270800.62 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Нижегород

ННГАСУ

2014

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
(ННГАСУ)

Кафедра теплогазоснабжения  
Кафедра отопления и вентиляции

## **ИСПЫТАНИЕ ЭЖЕКТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к практическим и лабораторным работам по дисциплинам «Особенности расчёта, проектирования и конструирования систем ТГВ», «Создание и поддержание микроклимата в промышленных зданиях и уникальных сооружениях», «Вентиляция», «Насосы и вентиляторы» для магистрантов направления 270800.68 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» и студентов направления 270800.62 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Нижний Новгород

ННГАСУ

2014

УДК 697.922 + 621.65 (075.8)

## ИСПЫТАНИЕ ЭЖЕКТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Методические указания к практическим и лабораторным работам по дисциплинам «Особенности расчёта, проектирования и конструирования систем ТГВ», «Создание и поддержание микроклимата в промышленных зданиях и уникальных сооружениях», «Вентиляция», «Насосы и вентиляторы» для магистрантов направления 270800.68 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» и студентов направления 270800.62 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Нижний Новгород, издание типографии «Деловая Полиграфия», 2014 г., С. 10.

В методических указаниях даются рекомендации по проведению расчётов основных характеристик и испытания эжекторной установки, включающие воздухопроводы и вентиляторное оборудование. В результате расчётов и обработки результатов испытания определяются производительность, давление, мощность вентилятора.

Рис. 2, табл. 3, библиогр. назв. 5.

Составили:           Кочев А.Г.  
                              Сергиенко А.С.  
                              Козлов С.С.

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ)

**СОДЕРЖАНИЕ**

	<b>стр.</b>
Испытание эжекторной установки.....	4
1. Цель работы.....	4
2. Схема лабораторной установки.....	4
3. Порядок выполнения лабораторной работы.....	4
Библиографический список.....	10

## ИСПЫТАНИЕ ЭЖЕКТОРНОЙ УСТАНОВКИ

### 1. Цель работы.

1.1. Определить расходы воздуха в нагнетательном  $G_1$ , всасывающем  $G_2$  и смесительном воздуховодах  $G_3$  при различных положениях дроссель-клапана.

1.2. Рассчитать коэффициенты подмешивания эжекторной установки  $\beta$ .

1.3. Рассчитать статические к.п.д эжектора  $\eta$ .

1.4. Построить графические зависимости  $P_{\Pi} = f(\beta)$ ,  $\eta = f(\beta)$ .

### 2. Схема лабораторной установки.

Схема эжекторной установки изображена на рис. 1.

### 3. Порядок выполнения лабораторной работы.

3.1. Измерить давления или скорости во всасывающем, нагнетательном и смесительном воздуховодах при различных положениях дроссель-клапана. Значения полного  $P_{\Pi}$ , статического  $P_{ст}$  и динамического  $P_{д}$  давлений рассчитываются по формуле [2, 4, 5]:

$$P = g \cdot k \cdot H, \text{ Па}, \quad (1)$$

где  $k$  - коэффициент прибора, принимаемый в зависимости от угла наклона капиллярной трубки.

$$k = \rho \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

$g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$H$  - отсчет по шкале микроманометра, мм.

3.2. Средние значения полного давления  $P_{\Pi}^{CP}$  [2, 4, 5]:

$$P_{\Pi}^{CP} = \frac{\sum_{i=1}^m P_{\Pi i}}{m}, \text{ Па}, \quad (3)$$

где  $P_{\Pi i}$  - значение полного давления в  $i$ -ой точке сечения воздуховода, Па;  
 $m$  - число точек замера.

3.3. Рассчитать среднеквадратичные значения динамического давления  $P_{д}^{CP}$  [2, 4, 5]:

$$P_{д}^{CP} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{P_{д i}}}{n} \right)^2, \text{ Па}, \quad (4)$$

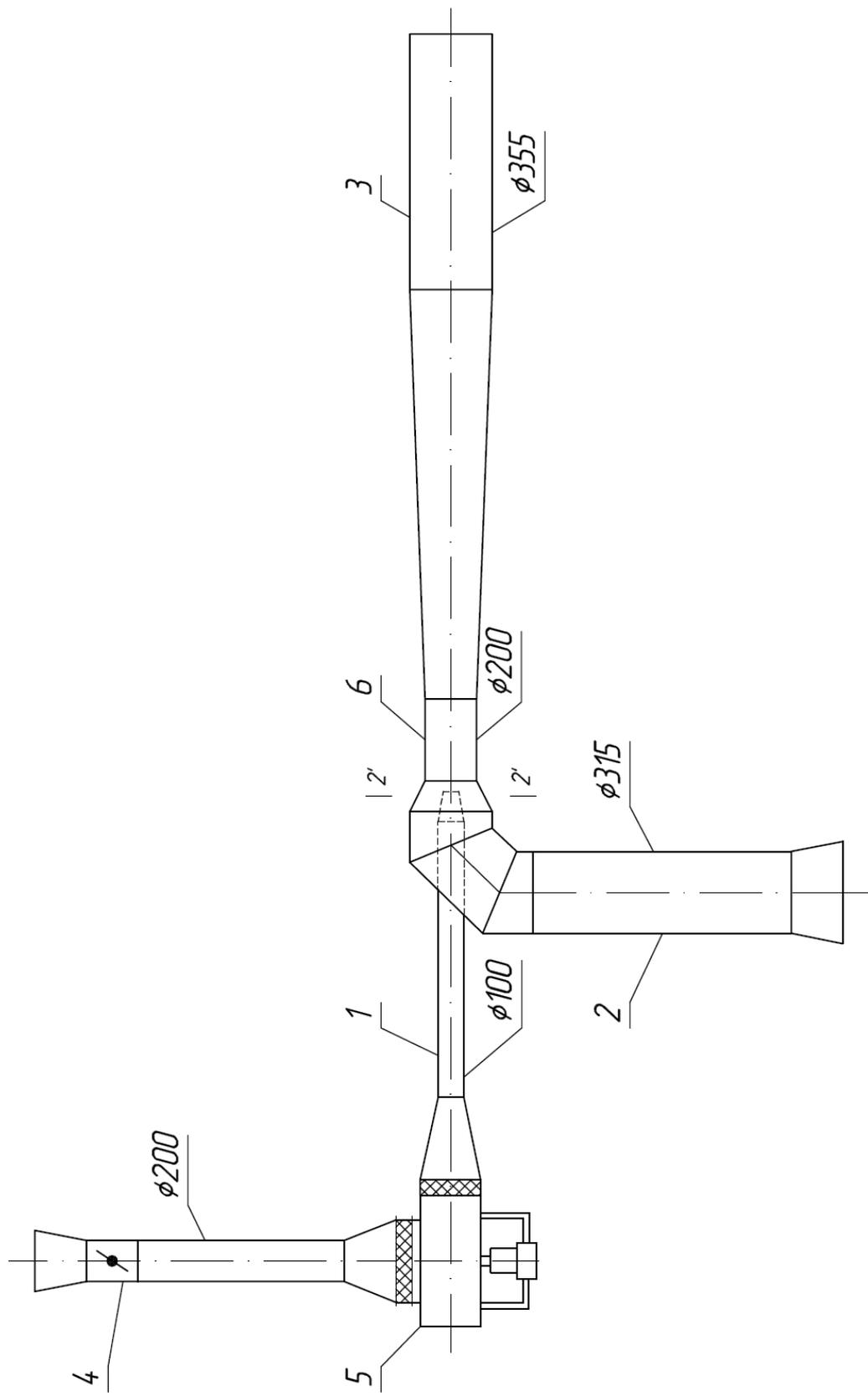


Рис.1. Схема лабораторной установки:  
 1 – нагнетательный воздуховод; 2 – всасывающий воздуховод; 3 – смесительный воздуховод;  
 4 – дроссель-клапан; 5 – вентилятор; 6 – смесительная камера

где  $P_{дi}$  - значение динамического давления в  $i$ -ой точке сечения воздуховода, Па.

3.4. Определить средние скорости движения воздуха в воздуховодах  $V^{CP}$  [2, 4, 5]:

$$V^{CP} = \left( \frac{2 \cdot P_{дi}}{\rho_B} \right)^{0,5}, \text{ м/с}, \quad (5)$$

где  $\rho_B$  - плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ ,  $\rho_B = 1,2 \text{ кг/м}^3$ .

При измерении скоростей воздуха анемометром значения  $V$ , определяются из номограмм по числу оборотов стрелки анемометра в секунду  $n_o$ :

$$n_o = \frac{n_K - n_H}{\tau}, \text{ 1/с}, \quad (6)$$

где  $n_K$  и  $n_H$  соответственно конечный и начальный отсчеты по шкале анемометра;

$\tau$  - время замера, с.

Координаты точек измерения давлений и скоростей в воздуховодах изображены на рис. 2. [5].

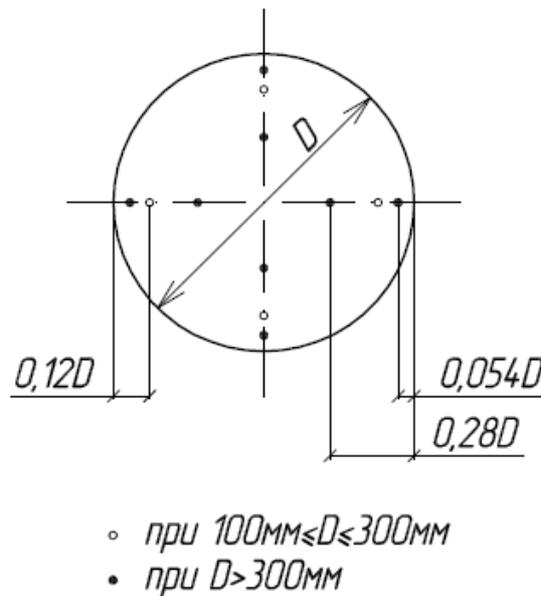


Рис 2. Координаты точек измерения давлений в воздуховодах круглого сечения

3.5. Рассчитать расходы воздуха во всасывающем, нагнетательном и смешительном воздуховодах [1]:

$$L_{BC} = V^{CP} \cdot F \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7)$$

где  $F$  - площадь сечения воздуховода,  $\text{м}^2$ .

Массовые расходы воздуха  $G$  определяются из выражения [1]:

$$G = L \cdot \rho_a, \quad (8)$$

Результаты замеров и расчетов записывают в таблицу 1 или в таблицу 2.

Таблица 1. Результаты замера давлений и расчетов расходов воздуха в воздуховодах эжекторной установки

№№ точек замеров	Показания микроманометра			Коэфф. прибора К	Значения давлений			Средние значения			L, м <sup>3</sup> /с	G, кг/ч
	H <sub>п</sub> , мм	H <sub>ст</sub> , мм	H <sub>д</sub> , мм		P <sub>п</sub> , Па	P <sub>ст</sub> , Па	P <sub>д</sub> , Па	P <sub>п</sub> <sup>CP</sup> , Па	P <sub>д</sub> <sup>CP I</sup> , Па	V <sub>CP I</sub> , м/с		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Таблица 2. Результаты замера скоростей и расчета расходов воздуха в воздуховодах эжекторной установки

№№ точек замеров	Показания анемометра		n <sub>н</sub> - n <sub>к</sub> , об/сек	τ, сек	n <sub>0</sub> = $\frac{n_k - n_n}{\tau}$ , 1/сек	n <sub>н</sub> <sup>CP</sup> , об/сек	V <sub>CP</sub> , м/с	L, м <sup>3</sup> /с	G, кг/ч
	n <sub>н</sub> , об/сек	n <sub>к</sub> , об/сек							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3.6. Определить коэффициенты подмешивания эжектора  $\beta$  [1, 3]:

$$\beta = \frac{G_2}{G_1}, \quad (9)$$

где  $G_2$  – массовый расход воздуха во всасывающем воздуховоде, кг/ч;

$G_1$  – массовый расход воздуха в нагнетательном воздуховоде, кг/ч.

3.7. Статические к.п.д. эжектора определяют по формуле [1,3]:

$$\eta_{ст} = \frac{(0,85 - n^2) \cdot \beta}{(1 + \beta - \cos \alpha_2 \cdot n \cdot \beta)^2 - 0,85}, \quad (10)$$

где  $n = V_2/V'_3$  – безразмерный коэффициент;

$V_2$  – скорость воздуха во всасывающем воздуховоде, м/с,  $V_2 = V_2^{CP}$  по данным табл. 1.;

$V_3$  – осредненная скорость воздуха в начале смесительной камеры, м/с [1,3]:

$$V'_3 = \frac{V_1 \cdot \cos \alpha_1 + \beta \cdot V_2 \cdot \cos \alpha_2}{1 + \beta}, \quad (11)$$

$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - соответственно углы между осью эжектора и векторами скорости в нагнетательной насадке и эжектируемого потока, равные

$$\alpha_1 = 0; \quad \alpha_2 = 30^\circ;$$

$V_1$  – скорость воздуха, выходящего из сопла, м/с.

Значение  $V_1$  определяется по зависимости [1]:

$$V_1 = \frac{L_1}{F_1 \cdot 3600}, \quad (12)$$

$L_1$  – объемный расход воздуха в нагнетательном воздуховоде, м<sup>3</sup>/ч;  
 $F_1$  – площадь сечения выходного отверстия сопла, м<sup>2</sup>,

$$F_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}, \quad (13)$$

$d_1$  – диаметр выходного отверстия сопла, м:  $d_1 = 0,1$  м.

Результаты расчёта записывают в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты расчёта  $\beta$  и  $\eta_{CT}$

№ положений дроссель-клапана	$G_2$ , кг/ч	$G_1$ , кг/ч	$\beta$	$V_1$ , м/с	$V_2$ , м/с	$V'_3$ , м/с	n	$\eta_{CT}$	$P_{II}$ , Па	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Примечание. В графе  $P_{II}$  записывают значения табл. 1 из графы  $P_{II}^{CP}$ .

3.8. Построить графические зависимости:

$$P_{II} = f(\beta); \quad \eta_{CT} = f(\beta).$$

3.9. Рассчитать скорость воздуха в кольцевом сечении 2'-2' всасывающего воздуховода по выражению:

$$V_{2'} = \frac{L_2}{\Delta F_{2'} \cdot 3600}, \quad (14)$$

где  $\Delta F_{2'}$  - площадь кольцевого сечения всасывающего воздуховода в сечении 2'-2', м<sup>2</sup>;

$$\Delta F_{2'} = F_{2'} - F_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{2'}^2 - d_1^2), \quad (15)$$

$d_{2'}$  – диаметр всасывающего воздуховода в сечении 2'-2', м;  $d_{2'} = 0,26$  м.

Динамическое давление в кольцевом сечении 2' - 2' равно:

$$P_{D2'} = \frac{V_{2'}^2}{2} \cdot \rho_B. \quad (16)$$

Полное давление на всасывании в сечении 2'- 2':

$$P_{II2'} = P_{CT2'} - P_{D2'}, \quad (17)$$

где  $P_{CT2'}$  – измеряемое статическое давление в сечении 2'-2', Па.

Полное давление системы:

$$P_{II}^{СИСТ} = P_{II2'} + P_{II3}, \quad (18)$$

где  $P_{II3}$  – полное давление в смесительном воздуховоде, Па;

Полный к.п.д., характеризующий работу вентиляционной системы, равен:

$$\eta_{\Pi} = \frac{G_2 P_{\Pi 2} + G_3 P_{\Pi 3}}{G_1 P_{\Pi 1}}, \quad (19)$$

где  $P_{\Pi 1}$  - полное давление на выходе из сопла, Па.

Для сравнения результатов лабораторных исследований построить графики полной характеристики эжектора:

$$P_{\Pi} = f(G); \quad \eta_{CT} = f(G); \quad \beta = f(G).$$

Вывод по работе представляет собой описание закономерностей графических зависимостей  $P_{\Pi} = f(\beta); \eta_{CT} = f(\beta)$ .

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Бромлей, М.Ф. Гидравлические машины и холодильные установки [Текст] / М.Ф.Бромлей. – М.: Стройиздат, 1971. – 260 с.: ил.
2. Голубков, Б.Н. Проектирование и эксплуатация установок кондиционирования воздуха и отопления [Текст] / Б.Н.Голубков, Т.М.Романова, В.А.Гусев. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 190 с.: ил.
3. Каменев, П.Н. Гидроэлеваторы в строительстве [Текст] / П.Н.Каменев. – М.: Стройиздат, 1970. – 415 с.: ил.
4. Наладка и регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст]: справочник / под ред. Б.А. Журавлева и др. – М.: Стройиздат, 1980. – 448 с.: ил.
5. Рекомендации по испытанию и наладке систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст]. – М.: Министерство монтажных и специальных строительных работ СССР, 1989. - 110 с.: ил.

Кочев Алексей Геннадьевич  
Сергиенко Алексей Сергеевич  
Козлов Сергей Сергеевич

## ИСПЫТАНИЕ ЭЖЕКТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Методические указания к практическим и лабораторным работам по дисциплинам «Особенности расчёта, проектирования и конструирования систем ТГВ», «Создание и поддержание микроклимата в промышленных зданиях и уникальных сооружениях», «Вентиляция», «Насосы и вентиляторы» для магистрантов направления 270800.68 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» и студентов направления 270800.62 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Подписано к печати 09.09.2014 г., формат 60x90,1/16,  
Бумага офсетная, уч. изд. л. – 0,6, усл. печ. л. – 0,7,  
Тираж 150 экз., заказ № 38.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ),  
603950, Нижний Новгород, Ильинская, 65.  
Полиграфцентр ННГАСУ, 603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.