

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств

С.В. Антимонов, Е.В. Ганин, И.А. Бочкарева

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА ПО ВХОДНОМУ КОЛЛЕКТОРУ И СУЖАЮЩИМ УСТРОЙСТВАМ В ЛАБОРАТОРНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Оренбург
2019

УДК 664 (03)
ББК 36я7
А 62

Рецензент - доктор технических наук, профессор В.Ю. Полищук

- А 62** **Антимонов, С.В.**
Определение скорости движения воздуха по входному коллектору и сужающим устройствам в лабораторной вентиляционной установке: методические указания / С.В. Антимонов, Е.В. Ганин, И.А. Бочкарева; Оренбургский гос. ун-т.– Оренбург: ОГУ, 2019. – 16 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплинам «Процессы и аппараты защиты окружающей среды», «Методы и средства измерений пищевых производств», «Процессы и аппараты химической технологии» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование и 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии очной и заочной форм обучения.

Методические указания могут использоваться также для самостоятельной работы студента.

УДК 664 (03)
ББК 36я7

© Антимонов С.В.,
Ганин Е.В.,
Бочкарева И.А., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение	4
1 Цель работы	5
2 Необходимые приборы и принадлежности	5
3 Общие положения	5
3.1 Методика определения скорости движения воздуха по входному коллектору и сужающим устройствам	5
3.2 Оборудование, используемое для измерения разности давления	7
4 Порядок выполнения работы и ее оформление	11
5 Вопросы для самоконтроля знаний к лабораторной работе	13
Список использованных источников	14
Приложение А	15
Приложение Б	16

Введение

Избыточное тепло, влага, газы и пыль ухудшают гигиеническое состояние воздуха производственных и жилых помещений. Организуя воздухообмен в помещении при помощи вентиляции, поддерживают параметры воздуха на уровне требований санитарно-гигиенических норм и особенностей технологического процесса.

Специалисты в области технологического оборудования химических и пищевых производств участвуют в разработке проектов вентиляционных сетей и пневмотранспорта как на стадии проектирования предприятия, так и в процессе его реконструкции, руководят монтажом и ремонтом вентиляционного оборудования, а также следят за правильностью его эксплуатации. Поэтому они должны хорошо знать: основные законы движения воздушного потока; характеристики сухого и влажного воздуха; устройство и виды вентиляционных установок; принципы действия вентиляционной установки, как всей целиком, так и отдельных ее элементов.

Расчет скорости движения воздуха по входному коллектору и сужающим устройствам в вентиляционных установках с помощью простейшего устройств, применяемых на промышленных предприятиях, позволяет поддерживать параметры воздушного потока в соответствии с необходимыми требованиями.

Авторы выражают благодарность студентам группы 15ЭРП(ба)МАХП за оказание помощи при работе над данными методическими указаниями.

1 Цель работы

Научиться определять скорости движения воздуха по входному коллектору и сужающим устройствам в вентиляционных установках, применяемых на промышленных предприятиях с помощью простейшего мановакуумметра.

2 Необходимые приборы и принадлежности

Лабораторная вентиляционная установка, мановакуумметр, гибкие шланги, рулетка.

3 Общие положения

3.1 Методика определения скорости движения воздуха по входному коллектору и сужающим устройствам

Определение скорости движения воздуха по входному коллектору и сужающим устройствам практикуют в экспериментальных лабораторных вентиляционных установках.

Средняя скорость движения воздуха (м/с) в воздуховоде по сужающим устройствам:

$$v = K \cdot \sqrt{\Delta P}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

где ΔP - перепад статических давлений (Па), полученный измерением по схеме, приведенной на рисунок 1;

K - тарировочный коэффициент, зависящий от конструкции сужающих устройств.

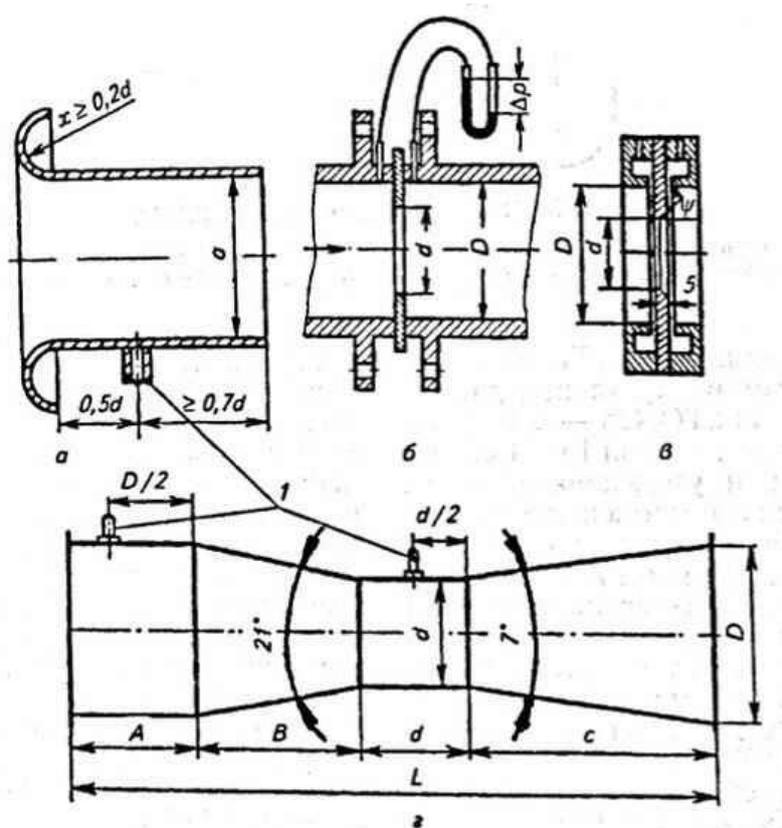
Для трубы Вентури (рисунок 1г) коэффициент K можно подсчитать по формуле:

$$K = \frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{2} \left(\frac{D^4}{d^4} - 1 \right)}} , \quad (2)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³;

D и d - диаметры трубы, м.

В качестве сужающих устройств применяют также диафрагмы (рисунок 1 б и 1 в). Тарировочные коэффициенты стандартных диафрагм приведены в литературе.



- а - входной коллектор по дуге круга;
- б- диафрагма плоская; в- диафрагма камерная;
- г - труба Вентури; 1 – штуцер

Рисунок 1 - Входной коллектор и сужающие устройства

Для определения скорости в сужающемся устройстве воспользуемся жидкостным микроманометром

Принцип действия жидкостных микроманометров основан на вытеснении и перемещении жидкости в сообщающихся сосудах под действием разности давлений, уравновешиваемой гидростатическим давлением столба жидкости.

Наибольшее применение имеют следующие жидкостные микроманометры: простейшие U-образные, чашечные с вертикальной неподвижной шкалой, чашечные с наклонной неподвижной шкалой и чашечные с наклонной поворотной шкалой. Простейший U-образный микроманометр показан на рисунке 2 а, а схема измерения давлений приведена на рисунке 2б.

3.2 Оборудование, используемое для измерения разности давлений

Простейший U-образный жидкостный микроманометр

Микроманометр состоит из изогнутой стеклянной калиброванной трубки 1 диаметром 6...8 мм, которая крепится к рамке 2. Концы стеклянной трубки открыты, заострены для удобства надевания резиновых шлангов и имеют местные утолщения для создания герметичности соединения. Между стеклянными трубками на рамке 2 расположена шкала 3 с миллиметровыми делениями.

На рисунке 2 в изображен микроманометр со шкалой длиной 300 мм и нулем, расположенным посередине шкалы.

Удвоение надписей на шкале (20 мм вместо 10, 40 мм вместо 20 и т.д.) позволяет определить общую высоту столба жидкости по одному мениску при условии заливки жидкости перед измерениями точно на нуль.

Для удобства заливки жидкости на нуль перед измерениями шкала 3 должна иметь возможность вертикального перемещения относительно

рамки 2. Если перед измерениями уровень менисков жидкости не совпадал с нулем шкалы, то отсчет высоты столба жидкости ведут по двум менискам, что вызывает неудобство и увеличивает погрешности измерения.

Имеются микроманометры с нулем внизу или с нулем посередине без удвоения надписей на шкале. Они более удобны для отсчетов.

На схеме измерений (см. рисунок 2б) показано, что один из концов стеклянной трубки микроманометра соединен резиновой трубкой 4 со штуцером 5 воздуховода 6. Вторым концом стеклянной трубки микроманометра открыт, и на поверхность жидкости первого колена будет давить атмосферное давление P_a .

На поверхность жидкости правого колена трубки будет передаваться давление в воздуховоде P .

Когда давление в воздуховоде $P > P_a$, уровень жидкости в правом колене опустится, а в левом поднимется на такую же величину.

При $P < P_a$, произойдет обратное перемещение жидкости из левого колена трубки в правое.

Столб жидкости высотой h от опустившегося уровня в правом колене трубки микроманометра до поднявшегося уровня в левом колене уравнивает давление $P_{ж}$ в воздуховоде P и атмосферное давление по следующей зависимости:

$$P = P_a + P_{ж}, \quad (3)$$

где $P_{ж}$ - давление, равное частному от деления силы тяжести столба жидкости высотой h на площадь поперечного сечения трубки.

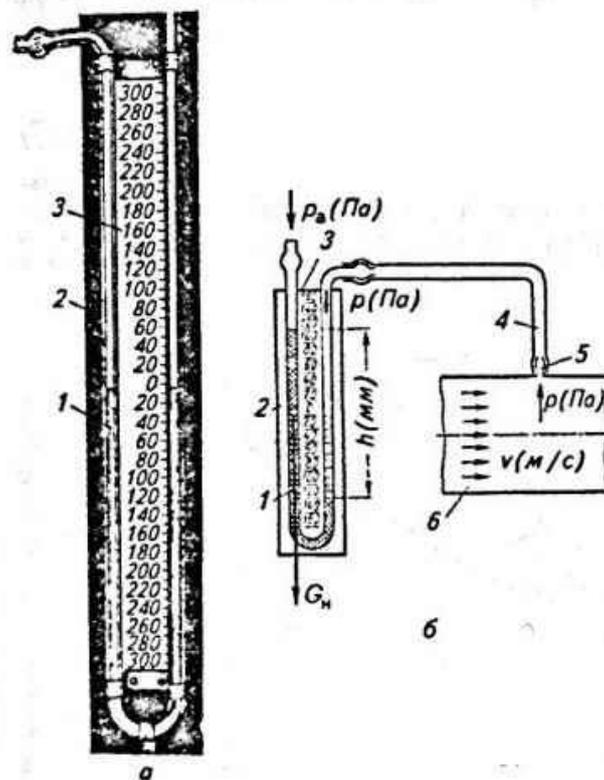
Выражая силу тяжести столба жидкости через объем и плотность, получим уравнение равновесия жидкости в U-образном микроманометре в следующем виде:

$$h \cdot \rho_{ж} \cdot q = P - P_a \quad (4)$$

где $\rho_{ж}$ - плотность жидкости, кг/м³;

h - высота столба жидкости, м;

$g = 9,81$ м/с² - ускорение свободного падения.



а- общий вид; б- схема измерения давлений; 1- стеклянная калиброванная трубка; 2 - рамка; 3- шкала; 4- резиновая трубка; 5 - штуцер; 6 - воздуховод

Рисунок 2 – Простейший U-образный микроманометр

Измеряемое избыточное давление:

$$\pm H = h \cdot \rho_{ж} \cdot g \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что точность измерения зависит от плотности жидкости $\rho_{ж}$. Чем меньше плотность жидкости, тем больше высота столба жидкости h при той же разности давлений ($P - P_a$) и тем меньше цена деления

шкалы, а следовательно, меньше погрешность измерения. Так, например, для воды плотностью $\rho_{жс} = 1 \text{ г/см}^3$ ошибка в отсчете по шкале $h = 1 \text{ мм}$ дает абсолютную погрешность измерения давления $\pm H = 9,81 \approx 10 \text{ Па}$.

Для микроманометра на спирте плотностью $0,8 \text{ г/см}^3$ ошибка измерения составит около 8 Па. При измерениях малых избыточных давлений (меньше 100 Па) относительные ошибки превышают 10%, что недопустимо. Поэтому простейшие U-образные микроманометры можно применять только для измерения повышенных избыточных давлений (больше 100 Па) с невысокой точностью. Для более точных измерений используют чашечные микроманометры.

Мановакуумметр.

Одной из разновидностей является модифицированная конструкция U-образного микроманометра – мановакуумметр, у которого концы U-образная трубки не имеют изгибов.



Рисунок -3 Двухтрубный мановакуумметр

4 Порядок выполнения работы и ее оформление

1 Чистую и сухую U-образную трубку наполнить дистиллированной водой через левую трубку до средней нулевой отметки. На правую трубку и левую трубки мановакуумметра надеть резиновые трубки и подключить его в измеряемую лабораторную систему, согласно рисунка 1б и г и рисунка 4 а,в.

2. Записать показания высоты столбика жидкостей, м в правой и левой трубке мановакуумметра в лабораторный журнал.

3 Произвести расчеты перепада давления произвести по формуле

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot H, \text{ Па} \quad (6)$$

где P – избыточное давление, Па ($9,8 \text{ Па} = 1 \text{ мм вод.ст.}$)

ρ – плотность воды, кг/м^3 ;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

$H = h_1 - h_2$ – высота столбика жидкости, м, отсчитываемая по двум коленам мановакуумметра как сумма отклонений;

h_1 и h_2 – высота менисков воды от нулевого положения.

4 Оформить лабораторный журнал и занести данные в таблицу.

Примечание: В случае засорения U-образную трубку сначала промывают хромовой смесью, потом – дистиллированной водой.



а)



б)



в)

Рисунок - 4 Схема подключения мановакуумметра к лабораторной вентиляционной установке

5 Вопросы для самоконтроля знаний к лабораторной работе

1 Назовите основные типы входных коллекторов и сужающих устройств в вентиляционных установках?

2 Какими приборами измеряют давление в сужающих устройствах в вентиляционных установках?

3 Каким образом определяют скорость движения воздуха по входному коллектору и сужающим устройствам?

4 Какие типы простейших микроманометров применяют для более измерений избыточных давлений в воздухопроводах?

5 Расскажите устройство и принцип работы простейших микроманометров и мановакуумметров.

Список использованных источников

1 Веселов, С.А. Проектирование вентиляционных установок предприятий по хранению и переработке зерна. / С.А. Веселов - Москва: Колос, 1974. - 288 с.

2 Веселов, С.А. Практикум по вентиляционным установкам / С.А. Веселов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Колос, 1982. - 255 с.

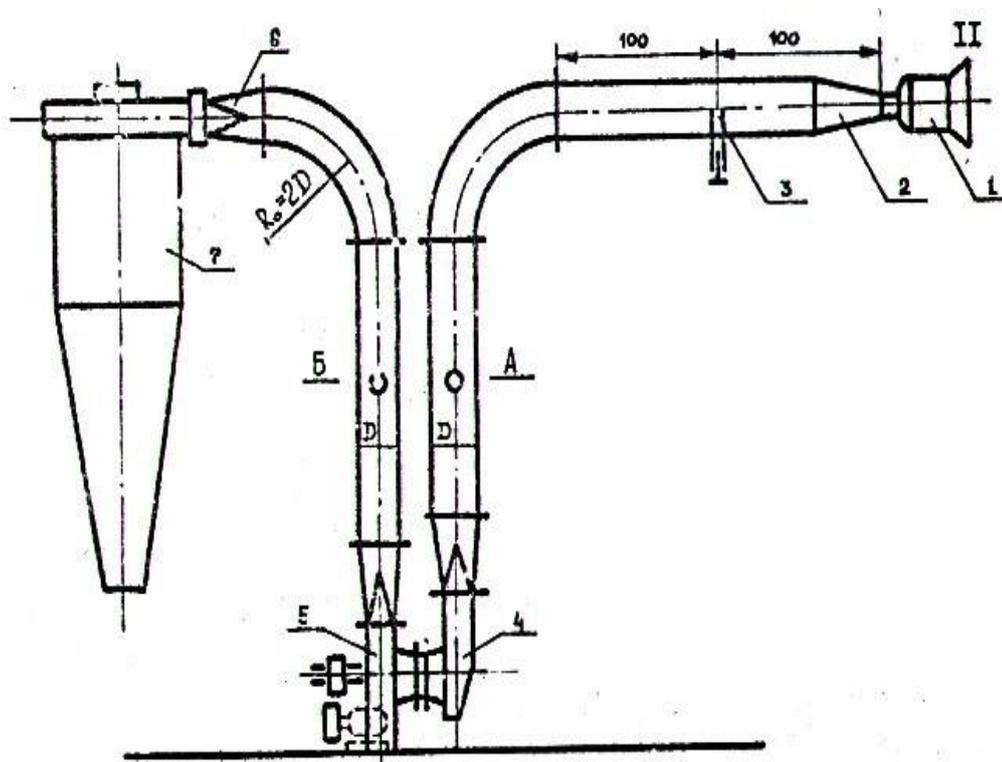
3 Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам / Н. П. Володин, М. Г. Касторных, А. И. Кривошеин. - М. : Колос, 1984. - 288 с.

4 Технический паспорт на мановакуумметр двухтрубный.

Приложение А

(обязательное)

Схема лабораторной вентиляционной установки



1- конфузор для замера воздуха; 2 – трубки Вентури; 3- задвижка; 4 – коробка ЦАГИ; 5 - вентилятор ВЦП-3; 6 – конфузор; 7 - циклон

Рисунок А.1 - Схема лабораторной вентиляционной установки

Таблица А.1 - Рабочая таблица результатов измерений давлений и определение средней скорости движения воздуха в сужающейся части воздухопровода

№,п/п	Высота столбика жидкости H , м	Коэффициент, K	Перепад статических давлений ΔP , Па	Средняя скорость движения воздуха v , (м/с)
1	2	3	4	5
1				
2				
3				

Приложение Б

(справочное)

Назначение и характеристики мановакуумметра

Мановакуумметры двухтрубные предназначены для измерения избыточного и предельного давлений в газовых системах.

Мановакуумметры предназначены для работы в закрытых и открытых помещениях при температуре окружающей среды $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$

Таблица Б.1 – Диапазоны измерений и цена деления шкалы мановакуумметра

Диапазоны измерений, Па (мм вод. ст.)	Цена деления шкалы, Па (мм вод. ст.)
от 0 до 1000 (от 0 до 100)	10 (1) -
от 0 до 2500 (от 0 до 250)	10 (1) -
от 0 до 3600 (от 0 до 360)	10 (1) 20 (2)
от 0 до 5000 (от 0 до 500)	10 (1) 20 (2)
от 0 до 6000 (от 0 до 600)	10 (1) -
от 0 до 10000 (от 0 до 1000)	10 (1) -

Таблица Б.2 – Пределы допускаемой погрешности в зависимости от цены деления шкалы

Диапазоны измерений, Па (мм вод. ст.)	Пределы допускаемой погрешности при цене деления шкалы, Па (мм вод. ст.)	
	10 (1)	20 (2)
от 0 до 1000 (от 0 до 100)	+20 (+2)	-
от 0 до 2500 (от 0 до 250)	$\pm 20 (\pm 2)$	-
от 0 до 3600 (от 0 до 360)	$\pm 20 (\pm 2)$	$\pm 40 (\pm 4)$
от 0 до 5000 (от 0 до 500)	+20 (+2)	$\pm 40 (\pm 4)$
от 0 до 6000 (от 0 до 600)	+20 (+2)	-
от 0 до 10000 (от 0 до 1000)	$\pm 20 (\pm 2)$	-