

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 ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ЗАМЕРОВ СКОРОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ПРИ ПОМОЩИ МЕХАНИЧЕСКОГО И (ИЛИ) ЭЛЕКТРОННОГО АНЕМОМЕТРА

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 воздухообмена в помещениях на основе замеров скорости воздушного потока при помощи механического и (или) электронного анемометра: методические указания / С.В. Антимонов, Е.В. Ганин, И.А. Бочкарева; Оренбургский гос. ун-т.– Оренбург: ОГУ, 2019. – 18 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 Частные случаи определения воздухообмена в помещении	5
3.2 Приборы для определения скорости воздушных потоков в помещении ...	7
4 Ход выполнения работы (2 варианта)	12
4.1 Выполнение работы по варианту 1	12
4.2 Выполнение работы по варианту 2	14
5 Вопросы для самоконтроля знаний к лабораторной работе №2	15
Список использованных источников	16
Приложение А	17

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.

Обычно в производственных помещениях происходит одновременное выделение нескольких видов вредностей (тепла, газов, паров). В общем случае необходимо определить воздухообмен по каждой вредности в отдельности, а затем в качестве расчетного значения воздухообмена принять наибольшее из полученных значений. Исключение составляют вещества однонаправленного действия. К ним относятся растворители (бензол, толуол, ксилол и др.).

Расчетный воздухообмен, необходимый для удаления этих веществ при их одновременном выделении, получают путем суммирования воздухообменов, рассчитанных по каждому веществу. Остановимся на частных случаях воздухообмена.

Авторы выражают благодарность студентам группы 16ЭРП(ба)МАХП за оказание помощи при работе над данными методическими указаниями.

1 Цель работы

Научиться определять воздухообмен в помещении на основе замеров скорости воздушного потока при помощи механического и (или) электронного анемометра. Изучить технические характеристики, устройство и принцип работы механического и электронного анемометров, приобрести навыки работы с анемометрами различного типа.

2 Необходимые приборы и принадлежности

Исследуемое лабораторное помещение, механический и электронный анемометры, линейка, рулетка.

3 Общие положения

Для организации воздухообмена различают неорганизованную и организованную вентиляцию. При неорганизованной естественной вентиляции – *инфильтрации* (загрязненный) отработанный воздух удаляется через окна, щели, неплотности в строительных ограждениях, стенах, неоткрытые окна и двери.

Величина этого воздухообмена зависит: от разности температур внутреннего и наружного воздуха, скорости ветра, размера щелей, материала ограждений, а также площади открываемых форточек, окон и дверей.

При организованной естественной вентиляции (*аэрации*) воздухообмен в помещении происходит через створки фрамуг, каналы, вытяжные трубы и насадки.

3.1 Частные случаи определения воздухообмена в помещении

Воздухообмен Q (в м³/ч), необходимый для удаления из помещения паров и газов, определяют по формуле

$$Q = \frac{C}{(c_2 - c_1)}, \quad (3.1)$$

где C - количество газа или пара, выделяющееся в помещении, мг/ч;
 c_2 - концентрация данного газа в удаляемом воздухе, мг/м³ (если удаление воздуха производится из рабочей зоны); $c_2 = \text{ПДК}$;

c_1 - концентрация данного газа в приточном воздухе, мг/м³ (если в приточном воздухе данный газ не содержится, то $c_1=0$, допускается содержание вредных веществ в приточном воздухе не более 30% ПДК).

Воздухообмен Q (в кг/ч) из условий удаления из помещения явного тепла вычисляют по формуле

$$G = \frac{3,6Q_{изб}}{c(t_{yx} - t_n)}, \quad (3.2)$$

где $Q_{изб}$ - избыток явного тепла, удаляемого вентиляцией, Вт;

c - удельная массовая теплоемкость воздуха, равная 1,00 кДж/(кг К);

t_{yx} - температура воздуха уходящего из помещения;

t_n - температура приточного воздуха.

Объем вводимого воздуха (м³/ч) можно определить в зависимости от величины избытка тепла, плотности, теплоемкости и температуры удаляемого и вводимого воздуха по формуле

$$Q_{в.в} = \frac{W}{\rho_{в.в} c(t_{yd} - t_{в.в})}, \quad (3.3)$$

где W - избыток явного тепла, удаляемого вентиляцией, Вт;

c - удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг град);

t_{yd} - температура удаляемого из помещения воздуха;

$t_{в.в}$ - температура вводимого в помещение воздуха.

Объем вводимого воздуха (м³/ч) может быть определен в зависимости от величины поперечного сечения проемов и скорости воздуха в проемах

$$Q_{в.в} = 3600 F v \mu, \quad (3.4)$$

где F - площадь проемов, м²;

v - скорость воздуха в проеме, м/с;

μ - коэффициент расхода (при створках открытых полностью, он равен 0,65, открытых на угол 45° - 0,44 и на угол 30° - 0,32).

Скорость воздуха в проеме можно определить по следующей формуле

$$v = \sqrt{\frac{2 g h (\rho_{в.в} - \rho_{в.н})}{\rho}}, \quad (3.5)$$

где h – высота между серединами верхних и нижних отверстий, м;
 $\rho_{в.в}$ – плотность вводимого воздуха, кг/м³;
 $\rho_{в.н}$ – плотность наружного воздуха, кг/м³.

Из уравнения (2.6) можно вычислить площадь проемов, м²

$$F = \frac{Q_{в.в}}{3600 v \mu}, \quad (3.6)$$

3.2 Приборы для определения скорости воздушных потоков в помещении

В открытых воздушных потоках и при больших диаметрах воздуховодов скорости измеряют *анемометрами*.

По принципу действия анемометры бывают механические, электрические и индукционные.

К механическим анемометрам относят крыльчатые и чашечные. Крыльчатые анемометры (рисунок 1, а) применяют для измерения малых скоростей – от 0,1 до 5 м/с с погрешностью $\pm 0,1..0,3$ м/с, а чашечные анемометры (рисунок 1, б) – для измерения более высоких скоростей – от 0,5 до 50 м/с с погрешностью $\pm 0,2..0,4$ м/с

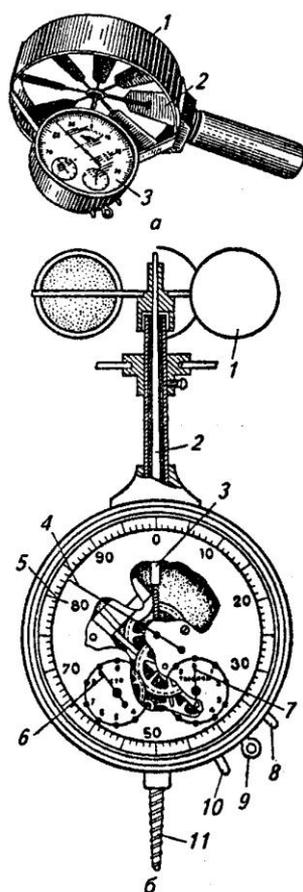
Скорость воздуха (м/с) при измерении механическими анемометрами определяют по формуле

$$v = K \frac{l_t - l_0}{t}, \quad (3.7)$$

Где K – тарировочный коэффициент, указанный в паспорте прибора;

l_0 и l_t – начальное и конечное показание делений шкалы;

t – время измерения, с; принимают $t = 60$ с.



а – крыльчатый: 1 – корпус; 2 – лопастное колесо; 3 – счетный механизм; б – чашечный: 1 – вертушка; 2 – вал; 3 – червяк; 4,6,7 – стрелки; 5 – шкала; 8,10 – стойки; 9 – арретир; 11 – винт крепления прибора

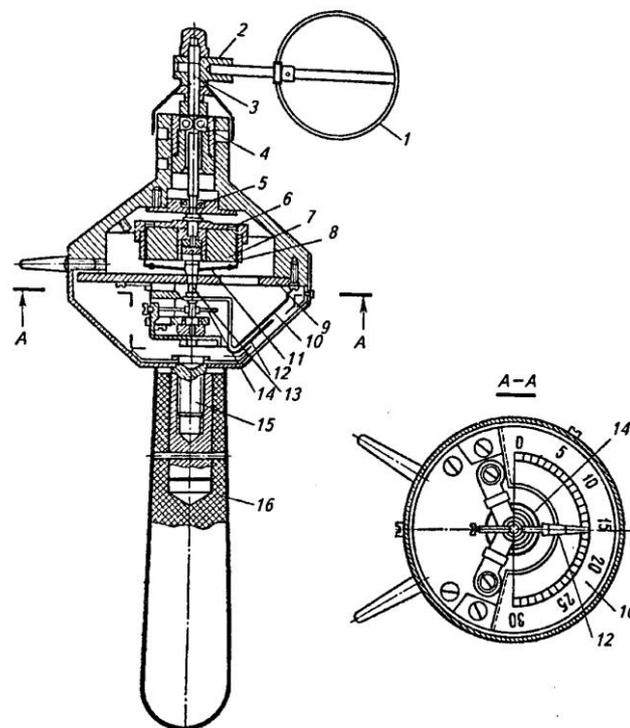
Рисунок 1 - Механические анемометры

Существуют также электроанемометры, работающие по принципу электромагнитной индукции. К этому типу относится ручной индукционный анемометр АРИ-49 (рисунок 2).

Основные недостатки индукционного электроанемометра АРИ-49 следующие: сравнительно большие габариты, низкая точность измерений и невозможность наблюдения за показателями шкалы прибора на расстоянии от точки измерения скорости.

К наиболее современным приборам для измерения скорости воздуха относятся измеритель скорости TESTO 405-V1, термоанемометры TESTO 415 и TESTO 425, измеритель скорости и температуры TESTO 435, анемометр (термоанемометр АТТ 100). Эти портативные электронные приборы выпускаются НПО «ЭКО-ИНТЕХ», основанным на базе лаборатории автоматизации и контрольно-измерительных приборов Государственного научно-исследовательского института по промышленной и санитарной очистке газов (НИИОгаз).

Измеритель скорости TESTO 405-V1 предназначен для измерения скорости воздуха и температуры потока с функцией расчета объемного расхода воздуха по измеренной скорости и площади сечения воздуховода. Площадь сечения воздуховода вносится в память прибора. Прибор позволяет одновременно считывать показания с дисплея и следить за направлением воздушного потока по положению зонда, ориентируемого по вектору скорости воздуха. Диапазон измерения скорости воздуха 0...5 м/с при температуре от 0 °С до +50 °С. Длина встроенного зонда 300 мм. Диапазон показаний объемного расхода воздуха 0...99,99 м³/ч. Диапазон измерения температуры потока от минус 20 до +50 °С.



1 – вертушка; 2 – втулка; 3 – вал; 4, 5 – подшипники; 6 – температурный компенсатор; 7 – постоянный магнит; 8 – магнитопровод; 9 – плата; 10 – шкала; 11 – колпачок; 12 – стрелка; 13 – ось; 14 – пружина; 15 – хвостовик; 16 – ручка

Рисунок 2 - Индукционный анемометр АРИ-49:

Термоанемометры TESTO 415 и TESTO 425 предназначены для измерения скорости и температуры потока воздуха внутри помещений при контроле или наладке систем вентиляции и кондиционирования. Модель TESTO 415 – со встроенным в корпус измерительным зондом, TESTO 425 – с телескопическим зондом длиной 1 м. Приборы имеют функции удержания текущих, максимальных и минимальных показаний на дисплее, усредненных

значений по промежутку времени и числу измерений. Диапазон измерения скорости 0...10 м/с для TESTO 415 и 0...20 м/с для TESTO 425 при температуре воздуха до +20 °С. Диапазон измерения температуры 0 °С до +50 °С для TESTO 415 и от минус 20 до +70 °С для TESTO 425.

Измеритель скорости и температуры TESTO 435 снабжен сменными зондами: термоанемометрическими, крыльчатыми и температурными. Позволяет измерять скорость воздуха, объемный расход и температуру воздуха и др. Прибор также имеет функции удержания текущих максимальных и минимальных показаний на дисплее, усредненных значений по времени и числу измерений. Измеренные значения выводятся на большой дисплей или распечатываются на инфракрасном портативном принтере. Диапазон измерения скорости воздуха с помощью термоанемометрического зонда 0...20 м/с; с помощью крыльчатки диаметром 16 и 60 мм – соответственно 0,6...40 и 0,25...20 м/с. Общий диапазон измерения температуры с помощью сменных зондов от минус 20 °С до +140 °С.

Анемометр/термоанемометр АТТ 1002 предназначен для проверки систем кондиционирования и подогрева воздуха, измерения скорости воздушного потока, скорости ветра и температуры. Диапазон измерения скорости воздуха (при $t = (23 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$) – 0,4...30 м/с. Диапазон измерения температуры 0...60 °С.

$$K = \frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{2} \left(\frac{D^4}{d^4} - 1 \right)}}, \quad (3.8)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³;
 D и d - диаметры трубы, м.



Рисунок -3 Анемометр чашечный электронный

4 Ход выполнения работы (2 варианта)

Для создания нормального воздухообмена и предотвращения образования вакуума в помещениях определим соответствие воздухообмена нормативам.

4.1 Выполнение работы по варианту 1

1 Производим замеры скорости воздушного потока (в трех повторностях) при помощи двух типов анемометра: механического и электронного, м/с, полученные данные заносим в расчетную таблицу 1 (приложение). **Примечание:** замеры скорости воздушного потока для дисциплины «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» производятся только одним из типов анемометра.

2 Замеряем объем исследуемого помещения при помощи рулетки. Производим расчет его внутреннего объема. Внутренний объем помещения, V_n , м³ подсчитываем по внутренним габаритным размерам здания или из чертежей его общего вида.

Обычно $V_n = a \cdot b \cdot h$ (где a - длина, b - ширина, h - высота этажа помещения).

Примечание: В тех случаях, когда отдельные этажи рабочих помещений не сообщаются проемами и изолированы друг от друга, то воздухообмен рассчитывают отдельно для каждого изолированного помещения.

3 Замеряем размеры проема (в условиях учебной лаборатории измеряется створка открывающегося оконного проема), через который осуществляется ввод воздуха в помещение. Угол раскрытия проема задается преподавателем. Обычно $F = a \cdot b \cdot h$ (где a - длина, b - ширина, h - высота проема).



а)

б)



в)

г)

Рисунок - 4 Схема замеров размеры проема (створки открывающегося оконного проема)

4 Определяем общий расход вводимого воздуха согласно формуле (3.4).

5 Воздухообмен в исследуемом помещении рассчитывают по формуле (4.1):

$$i = \frac{Q_{в.в}}{V_n}, \quad (4.1)$$

$$Q_{един} = \frac{Q_{в.в}}{n}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4.2)$$

где $Q_{в.в}$ - расход вводимого воздуха, м³/ч (принимают из пункта 3);
 $Q_{един}$ - расход воздуха в пересчете на одного человека, м³/ч;
 n – количество людей в помещении.

6 Оформление лабораторного журнала.

7 Выводы по работе о соответствии полученных значений расхода воздуха в помещении на человека и рассчитанного воздухообмена с нормативными показателями (Таблица 2, Приложения).

4.2 Выполнение работы по варианту 2

Пункты 1-2 аналогичны.

3 Определяем общий расход воздуха в помещении согласно формуле:

$$Q_n = 3600 \cdot v \cdot S_n, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4.2)$$

Где S_n - площадь исследуемого помещения, м²

5 Воздухообмен в исследуемом помещении рассчитывают по формуле:

$$i = \frac{Q_n}{V_n}, \quad (4.3)$$

где Q_n - общий расход воздуха, м³/ч (формула (4.2)).

6 Оформление лабораторного журнала

7 Выводы по работе о соответствии полученных значений расхода воздуха в помещении на человека и рассчитанного воздухообмена с нормативными показателями (Таблица 1, Приложения).

8* Определение погрешностей измерений (пункт выполняется для дисциплин «Методы и средства измерения», «Процессы и аппараты

химических технологий»)

Средние значения измеряемых величин определяют по формуле $A = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$ (где n – число измерений, принимаемое не менее трех),

среднюю квадратичную ошибку измерения – по формулам

$$m = \pm \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n-1}} \text{ и } M = \pm \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n(n-1)}} = \frac{m}{\sqrt{n}} .$$

5 Вопросы для самоконтроля знаний к лабораторной работе №2

Анализируя полученные результаты замеров и расчетов, необходимо ответить на следующие вопросы:

1. В чем заключаются отличия в конструкции, принципе работы механических, электрических и индукционных анемометров. Какие факторы оказывает влияние на их показания анемометров?

2. Проанализируйте значения полученных результатов скорости воздушного потока замеренных при помощи разных типов анемометров?

3. Для чего необходимо определять значения скорости воздушного потока?

4. Для чего необходимо определять воздухообмен в помещении?

5. Каковы отклонения (в, %) измеренных величин скорости воздушного потока и общего расхода воздуха, рассчитанных при помощи различных типов анемометров прибора? При отклонениях более 5% необходимо выяснить причины повышенных расхождений.

Список использованных источников

- 1 Веселов С.А. Проектирование вентиляционных установок по хранению и переработке зерна. М.: Колос, 1974 – 228 с.
- 2 Веселов С.А. Практикум по вентиляционным установкам, 2-е изд. перераб. и дополненное. М.Ж, Колос, 1982 – 255с.
- 3 Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам. / Н.П. Володин, М.Г. Касторных, А.И. Кривошеин, М., Колос, 1984.
- 4 Технический паспорт на мановакуумметр двухтрубный.

Приложение А

(обязательное)

Результаты измерений скорости воздушного потока

Таблица А.1 - Рабочая таблица результатов измерений скорости воздушного потока и полученных результатов

№ опыта	Скорость воздушного потока c , м/с (механический анемометр)	Скорость воздушного потока c , м/с (электронный анемометр)	Внутренний объем помещения V_n , м ³	Размеры проема F , м ²	Расход вводимого воздуха $Q_{в.в}$, м ³ /ч	Общий расход воздуха в помещении, Q_n , м ³ /ч	Воздухообмен i в исследуемом помещении	*Средние значения измеряемых величин	*Средняя квадратичная ошибка измерения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Примечание: *Для дисциплины «Методы и средства измерения»

Таблица А.2 - Минимальное количество наружного воздуха, подаваемого в помещения системами вентиляции и кондиционирования воздуха

Объем помещения (участка, зоны), приходящейся на 1 человека, м ³	Количество наружного воздуха на 1 человека (в м ³ /час) и кратность воздухообмена		Примечания
	при естественном проветривании помещения	без естественного проветривания помещения	
Менее 20	30	-	-
20 и более	20	60, но не менее однократного обмена в помещении в час	При системах, подающих только наружный воздух, и при системах, работающих с циркуляцией, если последние обеспечивают воздухообмен кратностью 10 и более воздухообменов в час