

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАСПИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И
ИНЖИНИРИНГА ИМЕНИ Ш. ЕСЕНОВА**

ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА

КАФЕДРА «ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

ДЖАНАЛИЕВА Н.Ш., УМИРХАНОВА С.Б.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ: «ОСНОВЫ СИСТЕМЫ ОВК»
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ: 050731-БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
И ЗАЩИТА ОС
(КОД И НАЗВАНИЕ)**

АКТАУ, 2011 г.

УДК 629.3.048

Джаналиева Н.Ш., Умирханова С.Б. Методические указания для практических работ по изучению дисциплины Основы системы ОВК. – Актау: КГУТиИ им. Ш. Есенова, 2011г., с. 43.

Рецензент: инженер группы по испытанию вентиляционных систем лаборатории промышленно-санитарных и экологических исследований департамента ТБ, ОТ и ООС АО «ММГ», PhD по специальности «Биотехнология» Кожалакова А.А.

В настоящих методических указаниях даются рекомендации и советы по изучению отдельных разделов, тем программы курса «Основы системы ОВК», вопросы для самопроверки.

Рекомендованы/допущены к изданию решением Учебно – методического совета Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова

© КГУТиИ им. Ш. Есенова, 2011 г.

Предисловие

Данные методические указания предназначены для закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых практических навыков и умений по программе дисциплины «Основы систем отопления, вентиляции и кондиционирования» для специальностей: 050731 – Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды».

Методические указания представляют собой дополнение к теоретическому курсу «Основы систем отопления, кондиционирования и вентиляции» и предназначены для более полного усвоения теоретического материала и приобретения практических навыков в вопросах отопления, кондиционирования и вентиляции в жилых и промышленных зданиях.

Методические указания состоят из пятнадцати практических работ в которых более подробно описаны виды и подбор вентилятора, методика проверки отсутствия накопления влаги расчетным путем, расчетные параметры наружного воздуха, расчет систем пневматического транспорта.

В результате проведения практических работ студент должен знать:

- основные нормативные документы, используемые для расчета параметров наружного воздуха;
- воздухопроницаемость ограждающих конструкций и ее влияние на воздушно-тепловой и влажностный режимы помещения;
- влажность воздуха в помещении и ее влияние на воздушно-тепловой режим помещения;
- приборы для измерения термовлажных параметров воздуха;

Практическая работа №1

Тема: Приборы для измерения термовлажных параметров воздуха

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о приборе для измерения термовлажных параметров воздуха.

Задание:

1. Ознакомиться приборы для измерения термовлажных параметров воздуха.
2. Изучить методы определения термовлажных параметров воздуха.
3. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Насыщенный и ненасыщенный влажный воздух.
2. Относительная влажность.
3. Строение психрометра.
4. Абсолютная влажность и влагосодержание воздуха.
5. Энтальпия влажного воздуха.

Влажным воздухом называется парогазовая смесь, состоящая из сухого воздуха и водяных паров. Знание его свойств инженеру-строителю необходимо для понимания и расчета таких технических устройств, как сушилки, системы отопления и вентиляции и т.п.

Влажный воздух, содержащий максимальное количество водяного пара при данной температуре, называется **насыщенным**. Воздух, в котором не содержится максимально возможное при данной температуре количество водяного пара, называется **ненасыщенным**. Ненасыщенный влажный воздух состоит из смеси сухого и перегретого водяного пара, а насыщенный влажный воздух - из сухого воздуха и насыщенного водяного пара. Водяной пар содержится в воздухе в небольших количествах и в большинстве случаев в перегретом состоянии, поэтому к нему с достаточной для технологических расчетов точностью могут быть применены законы идеальных газов.

Давление влажного воздуха p_{δ} , согласно закону Дальтона, равно

$$p_{\delta} = p_{\text{в}} + p_{\text{п}} \quad (1.1)$$

где $p_{\text{в}}$ и $p_{\text{п}}$ – парциальное давление соответственно сухого воздуха водяного пара, Па.

Парциальное давление $p_{\text{п}}$ можно определить из таблиц насыщенного пара по температуре точки росы, т.е. по той температуре, до которой нужно охладить ненасыщенный воздух при постоянном влагодержании, чтобы он стал насыщенным. Таким образом, если охлаждать ненасыщенный воздух с температурой t , то при некоторой температуре он станет ненасыщенным. Эта температура и является температурой точки росы.

Основными характеристики влажного воздуха являются следующие:

1. Относительная влажность φ , которая определяет степень насыщения воздуха водяным паром:

Label1

$$\varphi = \rho_n / \rho_n (1.2)$$

т.е. отношение действительной абсолютной влажности к максимально возможной абсолютной влажности в насыщенном воздухе при той же температуре.

При постоянной температуре давление изменяется пропорционально плотности (закон Бойля — Мариотта), по этому можно написать:

$$\varphi = \rho_n / \rho_n = p_v + p_n (1.3)$$

Для насыщенного воздуха $\varphi = 1$, или 100 %, а для ненасыщенного влажного воздуха $\varphi < 1$.

Относительную влажность воздуха определяют с помощью прибора, называемого **психрометром** (рис. 1.1). Психрометр состоит из двух одинаковых термометров, один из которых имеет резервуар, обернутый батистом, непрерывно смачиваемым водой. С поверхности резервуара термометра происходит испарение воды, интенсивность которого зависит от влажности окружающего воздуха чем меньше насыщен влагой

окружающий воздух, тем интенсивнее испарение с «мокрого» термометра и тем ниже его показания, так как на испарение расходуется теплота. По разности показаний «сухого» и «мокрого» термометров с помощью психрометрической таблицы можно определить относительную влажность воздуха.

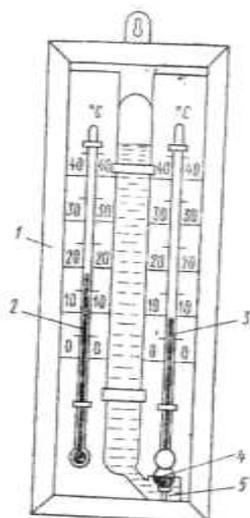


Рисунок. 1.1. Психрометр

1 - доска; 2 - «сухой термометр»; 3 - «мокрый» термометр; 4 - ткань; 5-сосуд с водой.

2. Абсолютная влажность D , которая определяет массу водяного пара, содержащегося в 1 м^3 влажного воздуха.

3. Влагосодержание воздуха d , г/кг сухого воздуха, т. е. отношение массы водяного пара к единице массы сухого воздуха, содержащегося во влажном воздухе:

$$d = \frac{G_n}{G_v} 1000 (1.4)$$

где G_n , G_v — соответственно масса водяного пара и сухого воздуха во влажном воздухе.

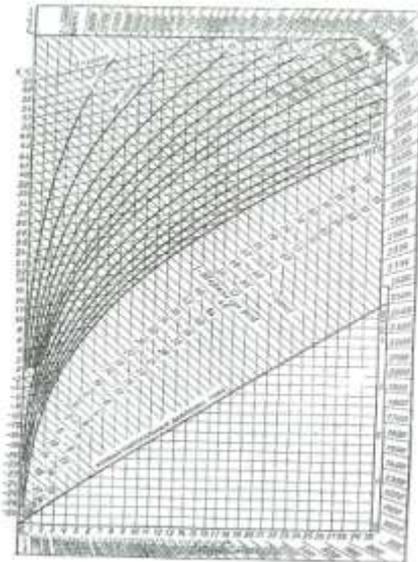
Если воспользоваться уравнением Клапейрона, то выражение (1.4) можно написать в следующем виде:

$$d = \frac{G_n}{G_e} 1000 = \frac{\mu_n p_n}{\mu_e p_e} \quad (1.5)$$

где μ_n — молекулярная масса водяного пара; μ_e — молекулярная масса воздуха. Подставив соответствующие значения молекулярных масс, получим

$$d = \frac{18.016}{28.95} \frac{p_n}{p_e} 1000 = 622 \frac{p_n}{p_e - p_e} = 622 \frac{\varphi p_n}{p_e - \varphi p_n} \quad (1.6)$$

Из формулы (1.6) видно, что между влагосодержанием и парциальным давлением пара $p_n = \varphi p_n$ (при одном и том же p_e) существует однозначная зависимость, т. е. каждому значению p_n соответствует вполне определенное значение d и наоборот.



Энтальпия i влажного воздуха является одним из основных его параметров и широко используется при расчетах сушильных установок, систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Энтальпию влажного воздуха обычно относят к единице массы сухого воздуха, т.е. к 1 кг, и определяют как сумму сухого воздуха и водяного пара, кДж/кг сухого воздуха:

$$i = 1,005t + (2500 + 1,8068t)d \cdot 10^{-3} \quad (1.7)$$

Так как теплоемкость влажного воздуха $c_{cm} = 1,005 + 1,8068 d \cdot 10^{-3}$ кДж/кг сухого воздуха, то формулу (1.7) можно написать в виде

$$i = c_{cm}t + 2500 d \cdot 10^{-3} \quad (1.8)$$

Вопросы, относящиеся к влажному воздуху, удобно и легко решаются с помощью i - d - диаграммы, предложенной в 1918 г. проф. Л. К. Рамзиным.

Рис.1.2. i - d - диаграмма влажного воздуха

В i - d - диаграмме (рис. 1.2.) графически связаны основные параметры, определяющие тепловлажностное состояние воздуха: температура t , относительная влажность воздуха φ , влагосодержание d , энтальпия i , парциальное давление пара p_n , содержащегося в паровоздушной смеси. Зная два каких-либо параметра, можно найти остальные на пересечении соответствующих линий i - d - диаграммы. Она построена в косоугольной системе координат. По оси ординат отложены значения энтальпий i , кДж/кг сухого воздуха, по оси абсцисс, проходящей под углом 135° к оси i , — значения влагосодержаний d , г/кг сухого воздуха.

Таким образом, на диаграмме наносятся линии постоянных энтальпий $i = \text{const}$ и влагосодержаний $d = \text{const}$. На i - d - диаграмме нанесены также изотермы ($t = \text{const}$) в виде прямых линий, кривые $\varphi = \text{const}$, а также показана кривая парциального давления пара $p_n = f(d)$, причем значения p_n приведены справа на оси ординат.

Все поле диаграммы разделено на две части линией $\varphi=100\%$. Линия $\varphi=100\%$ соответствует состоянию воздуха, насыщенного водяными парами. Выше этой линии находится область ненасыщенного влажного воздуха

Контрольные вопросы:

1. Насыщенный и ненасыщенный влажный воздух.
2. Что называют относительной влажностью.
3. Опишите строение психрометра.
4. Абсолютная влажность и влагосодержание воздуха.
5. При каких расчетах используется энтальпия влажного воздуха.

Литература:

1. Соловьев Н.В., Стрельчук П.И., Ермилов П.И., Канер Б.Л. «Охрана труда в химической промышленности» М; 1969, 528 с.
2. Кушелев В.П., Орлов Г.Г., Сорокин Ю.Г. «Охрана труда нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности», Москва: «Химия», 1983, 472 с.
3. Батулин В.В. Основы промышленной вентиляции. М., Профиздат, 1964. 608с.
4. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Изд. 2-е. Л., Стройиздат, 1975, 236с.
5. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е. М., Высшая школа, 1979.224с.

Практическая работа №2

Тема: Расчетные параметры наружного воздуха

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о системах вентиляций

Задание:

1. Ознакомиться с расчетными параметрами наружного воздуха
2. Изучить методы определения параметры наружного воздуха
3. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Расчетные параметры наружного воздуха.
2. Расчетная температура наружного воздуха для холодного периода
3. Правильное проектирование отопления производственных зданий.

Летний период года определяется прежде всего интенсивностью солнечной радиации и температурой наружного воздуха. За расчетный летний период принимают наиболее жаркие летние сутки. Кроме того, необходимо знать продолжительность облучения ограждений зданий данной ориентации солнечной радиацией в течение суток и время максимума действия солнечной радиации. Скорость ветра v_n принимают равной расчетной за июль месяц по СНиП 2.01.01—82, но не менее 1 м/с. Там же приводятся значения φ_n для соответствующих расчетных температур.

Расчетные параметры наружного воздуха устанавливаются на основании данных метеорологических наблюдений в различных географических пунктах (СНиП 2.04.05—86 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»). Согласно этому СНиП климат холодного и теплого периодов года для различных географических пунктов характеризуется двумя расчетными параметрами наружного воздуха: А и Б.

Для систем вентиляции и кондиционирования воздуха гражданских и производственных помещений в качестве расчетных параметров наружного воздуха для теплого периода года должны приниматься параметры А, а для систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха для холодного периода года — параметры Б.

Для систем вентиляции зданий сельскохозяйственного назначения для теплого и холодного периодов года принимаются расчетные параметры А наружного воздуха, а для систем отопления для холодного периода года принимаются расчетные параметры Б. В переходный период года для систем отопления и вентиляции принимается температура наружного воздуха +8 °С.

Расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года (параметры Б) t_n^B при расчете потерь теплоты через наружные ограждения принимается равной средней температуре воздуха наиболее холодной пятидневки в данном населенном пункте из восьми зим за 50-летний период или температуре воздуха более холодного помещения — при расчете потерь теплоты через внутренние ограждения. Расчетная температура t_n^B значительно выше, чем **абсолютная минимальная**. Так, для Красноярска она согласно СНиП 2.01.01—82 принимается равной — 40°С (с коэффициентом обеспеченности $K_{об}=0,92$), тогда как абсолютная минимальная температура достигает — 53 °С, для Казани соответственно —32 и — 47°С. Расчет системы отопления на абсолютную минимальную температуру, которая отмечается раз в несколько лет, причем в течение короткого периода времени, измеряемого часами, экономически не оправдан. Кратковременное резкое понижение температуры наружного воздуха благодаря теплоаккумулирующей способности строительных конструкций и мебели, находящейся в помещении, не вызывает заметных изменений температуры внутреннего воздуха.

Принятые в настоящее время в РК значения температур наружного воздуха для расчета систем отопления и вентиляции основаны на большом практическом опыте и теоретических исследованиях вопросов тепловой устойчивости зданий и отражают стремление обеспечить более высокую надежность работы систем - теплоснабжения, чем это было в последние десятилетия, особенно в периоды резких похолоданий.

Правильный выбор начала и конца отопительного периода имеет существенное значение для качественного теплоснабжения зданий. Для жилых и общественных зданий начало и конец отопительного периода обычно регламентируются местными руководителями.

Согласно действующим в нашей стране строительным нормам и правилам продолжительность отопительного периода определяется по числу дней с

устойчивой среднесуточной температурой +8 °С и ниже (СНиП 2.01.01—82). Эта наружная температура принята за начало и конец отопительного периода $t_{н.к.}=8\text{ °С}$. Однако практика эксплуатации показала, что жилье и общественные здания не следует оставлять без отопления в течение длительного периода при температуре наружного воздуха ниже 10...12 °С, поскольку при этом температура внутреннего воздуха заметно снижается, что неблагоприятно отражается на самочувствии людей.

При проектировании отопления производственных зданий необходимо учитывать, что начало и конец отопительного периода этих зданий определяются наружной температурой, при которой теплотери через наружные ограждения становятся равными внутренним тепловыделениям. В большинстве случаев продолжительность отопительного периода для производственных зданий короче, чем для жилых и общественных, поскольку тепловыделения в производственных зданиях значительны. Среднесуточная температура наружного воздуха, соответствующая началу и концу отопительного периода производственных зданий с большими тепловыделениями, может быть определена по формуле, предложенной Соколовым Е.Я. :

$$t_{н.к.} = t_{в} - \frac{Q_{м.в}}{Q_{0max}}(t_{в} - t_{н}^B) \leq 8^{\circ}C \quad (2.1)$$

Неравенство в правой части означает, что если рассчитанное по формуле (2.1) значение $t_{н.к.}$ окажется более 8°С, то принимают $t_{н.к.}=8^{\circ}C$.

Контрольные вопросы:

1. Чем характерен летний период года для вентиляции?
2. Чему равной принимается расчетная температура наружного воздуха. для холодного периода?
3. Что необходимо учитывать при проектировании отопления производственных зданий?

Литература:

1. Отопление и вентиляция, часть II. «Вентиляция»/Под.ред. В.Н. Богославского. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1976. 440с.
2. Эльтерман В.М., Вентиляция в химических производствах, 1965.
3. Каменев П.Н., Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1964.
4. Репин Н.Н., Отопление и вентиляция, № 4 – 6 (1938).
5. Батурин В.В., Эльтерман В.М., Аэрация промышленных зданий, Госстройиздат, 1963.

Практическая работа № 3

Тема: Воздухопроницаемость ограждающей конструкций и ее влияние на воздушно-тепловой и влажностный режимы помещения

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о фильтрации воздуха и гравитационном давлении.

Задание:

1. Ознакомиться методикой воздухопроницаемости ограждающей конструкций и ее влияние на воздушно-тепловой и влажностный режимы помещения.
2. Изучить методы определения воздухопроницаемости.
3. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Явление фильтрации
2. Инфильтрация и эксфильтрация воздуха
3. Гравитационное давление
4. Ветровое давление

При разности давлений воздуха с одной и с другой стороны ограждения через него может проникать воздух в направлении от большего давления к меньшему. Это явление называется **фильтрацией**. Если фильтрация происходит в направлении от наружного воздуха в помещение, то она называется **инфильтрацией**, при обратном направлении — **эксфильтрацией**. Свойство ограждения или материала пропускать воздух называется воздухопроницаемостью.

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждений возникает вследствие разности плотностей наружного и внутреннего воздуха (гравитационное давление) и под влиянием ветра (ветровое давление).

Гравитационное давление. В зимнее время воздух в отапливаемых помещениях имеет более высокую температуру, чем наружный воздух. При этом наружный воздух будет иметь большую плотность, чем воздух в помещении. Разность плотностей воздуха и создает разность его давлений. **На рис. 3.1** схематически изображено поперечное сечение отапливаемого помещения с двумя наружными стенами. Если в таком здании пол и потолок будут воздухонепроницаемыми, то через нижнюю половину наружных стен воздух будет проникать внутрь здания, а через верхнюю половину — уходить из него. На середине высоты помещения разность давлений воздуха будет $\Delta p = 0$ (нейтральная плоскость). Максимальная величина Δp будет у пола и под потолком. В некотором сечении $a-a$, отстоящем от нейтральной плоскости на расстоянии h , величина Δp составит

$$\Delta p = h(\rho_n - \rho_v), \quad (3.1)$$

где ρ_n, ρ_v — плотности наружного и внутреннего воздуха соответственно, кг/м^3 .

Для помещения, сечение которого показано на рис. 3.1, максимальная величина гравитационного давления определится по формуле

$$\Delta p = 0,5 H (\rho_n - \rho_v) \quad (3.2)$$

где H — высота помещения, м.

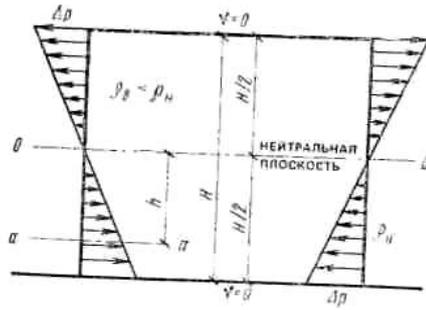


Рисунок 3.1 Схема расположения нейтральной плоскости при наличии гравитационного давления

Ветровое давление. Под действием ветра на наветренных поверхностях здания (см. рис. 3.1) возникает избыточное давление, а на заветренных поверхностях — разрежение.

Величина избыточного статического давления $\Delta p_{ст}$ (ветрового давления) равна:

$$\Delta p_{ст} = \frac{k_1 - k_2}{2} \frac{v_n^2}{2} * \rho_n \quad (3.3)$$

где k_1 и k_2 — аэродинамические коэффициенты соответственно с наветренной и заветренной сторон здания; $(v_n^2/2)\rho$ — динамическое давление набегающего на здание потока воздуха.

При совместном действии на здание гравитационного и ветрового давлений величина давления в любой точке на поверхности здания равна:

$$p = 0.5H(p_n - p_e) + \frac{k_1 - k_2}{2} \frac{v_n^2}{2} * \rho_n \quad (3.4)$$

Контрольные вопросы:

1. Что такое фильтрация воздуха?
2. Какие виды фильтрации воздуха существуют?
3. Что такое гравитационное давление?
4. Что такое ветровое давление?

Литература

1. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Изд. 2-е. Л., Стройиздат, 1975, 236с.
2. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е. М., Высшая школа, 1979.224с.
3. Отопление и вентиляция, часть II. «Вентиляция»/Под.ред. В.Н. Богославского. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1976. 440с.
4. Эльтерман В.М., Вентиляция в химических производствах, 1965.
5. Каменев П.Н., Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1964.

Практическая работа №4

Тема: Воздухопроницаемость ограждающей конструкции

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о воздухопроницаемости ограждающей конструкции.

Задание:

1. Ознакомиться методикой воздухопроницаемости ограждающей конструкции.
2. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Воздухопроницаемость ограждающей конструкции.
2. Нормативная воздухопроницаемость ограждающей конструкции.

Воздухопроницаемость ограждающей конструкции оценивается по величине сопротивления воздухопроницанию. Для сплошных слоев материалов сопротивление воздухопроницанию $R_{и}$ определяется по формуле

$$R_{и} = \delta / i \quad (4.1)$$

где δ — толщина слоя, м; i — коэффициент воздухопроницаемости материала, кг/(м²чПа), характеризующий количество воздуха в кг, которое проходит через 1 м² ограждения за 1 ч при разности давлений 1 Па.

Фильтрация наружного воздуха через ограждения в холодный период года вызывает дополнительные потери теплоты помещениями, а также охлаждение внутренних поверхностей ограждения, особенно в современных многоэтажных зданиях. Поэтому СНиП II-3-79 ограничивает воздухопроницаемость ограждающих конструкций. Сопротивление воздухопроницанию $R_{и}$ должно быть не менее требуемого по СНиП II-3-79**, п. 5.1 (за исключением заполнений световых проемов, окон, балконных дверей и фонарей) $R_{и}^{тp}$ м²чПа/кг:

$$R_{и} \geq R_{и}^{тp} = \Delta p / G^H \quad (4.2)$$

где G^H — нормативная воздухопроницаемость ограждающей конструкции:

	G^H
Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных, вспомогательных зданий.....	0,5
То же, производственных зданий.....	1
Входные двери в квартиры.....	1,5
Окна и балконные двери, двери и ворота производственных зданий в районах со средней температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) св. -40 °С.....	10
То же, с температурой -40 °С и выше.....	8
Стыки между панелями наружных стен жилых зданий, не более.....	0,5

Для практических расчетов, Δp , Па, формула (3.4) записывается в виде:

$$\Delta p = 0,55gH (\rho_n - \rho_v) + 0,3 \rho_n v^2, \quad (4.3)$$

где $g=9,81 \text{ м/с}^2$; H - высота здания от поверхности земли до верха карниза, м; ρ_n и ρ_v - плотность соответственно наружного внутреннего воздуха, кг/м^3 ; $\rho = 353/(273+t)$, здесь t – температура внутреннего воздуха (для определения ρ_v) - то же, что в формуле (4.6); температура наружного воздуха (для определения ρ_n) равна средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92; v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая по СНиП 2.01.01-82 (для типовых проектов v принимается равной 5 м/с, а в климатических подрайонах ИБ и ИГ - 8 м/с).

Сопротивление воздухопроницанию многослойной ограждающей конструкции $R_{и}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$, определяют по формуле

$$R_{и} = R_{и1} + R_{и2} + \dots + R_{ин}, \quad (4.4)$$

где $R_{и1}$, $R_{и2}$, ..., $R_{ин}$ - сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждения, приведенные в прил. 9 СНиП II-3-79**.

Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также окон и фонарей производственных зданий $R_{и}$ должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию $R_{и}^{тп}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$, определяемого по формуле

$$R_{и}^{тп} = \frac{1}{G^H} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_o} \right)^{2/3} \quad (4.5)$$

где G^H и Δp - то же, что в формулах (4.2) и (4.3) соответственно; $p_o = 10 \text{ Па}$ - разность давления воздуха, при которой определяется сопротивление воздухопроницанию $R_{и}$.

Контрольные вопросы:

1. Формула сопротивления воздухопроницанию $R_{и}$ для сплошных слоев материалов?
2. Что вызывает фильтрация наружного воздуха через ограждения в холодный период?
3. Формула сопротивления воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий?

Литература

1. Батулин В.В., Эльтерман В.М., Аэрация промышленных зданий, Госстройиздат, 1963.
2. Романенко П.Н., Ройтман М.Я., Пожарная профилактика отопительно-вентиляционных систем, Стройиздат, 1964
3. Ужов В.Н., Очистка отходящих промышленных газов. Госхимиздат, 1959.
4. Рязанов В.А., Санитарная охрана атмосферного воздуха, Медгиз, 1954.
5. Андреев П.И., Рассеяние в воздухе газов выбрасываемых промышленными предприятиями, Госстройиздат, 1952.

Практическая работа № 5

Тема: Влажность воздуха в помещении и ее влияние на воздушно-тепловой режим помещения

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о влиянии влажности воздуха на воздушно-тепловой режим помещения.

Задание:

1. Ознакомиться методикой влажности воздуха в помещении и ее влияние на воздушно-тепловой режим помещения.
2. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Конденсационная влага.
2. Коэффициент паропроницаемости материала
3. Сопротивление паропроницанию

Повышение влажности строительных материалов увеличивает их теплопроводность, что существенно снижает теплозащитные качества ограждений. Влажный строительный материал неприемлем и с гигиенической точки зрения (появляются плесень, грибки, повышается влажность воздуха в помещении). Кроме того, влажностный режим ограждения оказывает соответствующее влияние и на долговечность ограждения.

В ограждающих конструкциях может оказаться: строительная влага, вносимая при возведении зданий или при изготовлении сборных железобетонных конструкций; грунтовая влага, проникающая в ограждение вследствие капиллярного всасывания; атмосферная влага, проникающая в ограждение при косом дожде или вследствие неисправности кровли; эксплуатационная влага, появляющаяся в процессе эксплуатации зданий; гигроскопическая влага, находящаяся в ограждении вследствие гигроскопичности его материалов.

Конденсационная влага. От всех видов влаги, кроме конденсационной, можно и должно избавиться до начала эксплуатации зданий. Процесс конденсации влаги из воздуха тесно связан с теплотехническим режимом ограждения. Влага из воздуха может конденсироваться как на внутренней поверхности ограждения, так и в его толще.

Влажность воздуха в помещении обусловлена: производственными процессами, а также выделением влаги находящимися в помещении людьми, выделением влаги при приготовлении пищи, стирке белья, мытье полов и т. п.

В зимнее время температура воздуха с внутренней стороны ограждения бывает значительно выше температуры наружного воздуха, значит и парциальное давление (упругость) водяного пара в воздухе помещения окажется более высоким, чем для наружного воздуха.

Разность величин упругости водяного пара с одной и с другой стороны ограждения вызывает диффузионный поток водяного пара через ограждение от внутренней поверхности к наружной. Как известно из курса физики, между процессами диффузии газов и теплопроводности имеется полная аналогия.

Поэтому по аналогии с формулой для количества водяного пара, диффундирующего в стационарных условиях через плоскую однородную стенку, можно записать:

$$G = (e_v - e_n) (\mu/\delta) \quad (5.1)$$

где G - количество диффундирующего пара, кг; e_v и e_n - уругости водяного пара у внутренней и наружной поверхностей ограждения, Па; μ -коэффициент паропроницаемости материала стенки, кг/(м²·ч·Па); δ -толщина стенки, м.

Коэффициент паропроницаемости материала μ зависит от физических свойств данного материала и представляет собой количество водяного пара, которое диффундирует в течение 1 ч через 1 м² плоской стенки толщиной 1 м при разности уругостей водяного пара с одной и с другой ее стороны, равной 1 Па. Справочные величины μ различных строительных материалов и конструкций приведены в прил. 3* [32].

Оценка паропроницаемости ограждающих конструкций проводится по величине сопротивления паропроницанию. Для однородного слоя материала сопротивление паропроницанию $R_{п}$ определяется по формуле

$$R_{п} = \delta/\mu \quad (5.2)$$

где δ -толщина слоя, м.

Сопротивление паропроницанию многослойной ограждающей конструкции равно

$$R_{о.п} = R_{в.п} + R_{1.п} + R_{2.п} + \dots + R_{n.п} + R_{н.п} = R_{в.п} + \delta_1/\mu_1 + \delta_2/\mu_2 + \dots + \delta_{n.п}/\mu_{n.п} + R_{н.п}, \quad (5.3)$$

где $R_{1.п}; R_{2.п}; \dots; R_{n.п}$ - сопротивление паропроницанию отдельных слоев ограждения, м²·ч·Па/кг; n -число всех слоев ограждения; $R_{в.п}$ и $R_{н.п}$ - сопротивление влагообмену у внутренней и наружной поверхностей ограждения соответственно, м²·ч·Па/кг.

При оценке паропроницаемости ограждения необходимо выполнить условие: величина сопротивления паропроницанию $R_{п}$, м²·ч·Па/кг, ограждающей конструкции должна быть не менее наибольшего из требуемых сопротивлений $R_{п1}$ и $R_{п2}$ (по условиям недопустимости накопления влаги в ограждении за год эксплуатации и ограничения влаги в ограждении за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха) в соответствии с п. 6.1 СНиП II -3-79* *.

Контрольные вопросы:

1. Как влияет повышение влажности на строительные материалы?
2. Чем обусловлена влажность воздуха в помещении?
3. От чего зависит коэффициент паропроницаемости материала?

Литература

1. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Изд. 2-е. Л., Стройиздат, 1975, 236с.
2. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е. М., Высшая школа, 1979.224с.
3. Отопление и вентиляция, часть II. «Вентиляция»/Под.ред. В.Н. Богославского. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1976. 440с.

4. Эльтерман В.М., Вентиляция в химических производствах, 1965.
5. Каменев П.Н., Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1964.

Практическая работа №6

Тема: Методика проверки отсутствия накопления влаги расчетным путем

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о конденсации влаги в помещениях.

Задание:

1. Ознакомиться методикой проверки отсутствия накопления влаги расчетным путем
2. Ответить на контрольные вопросы

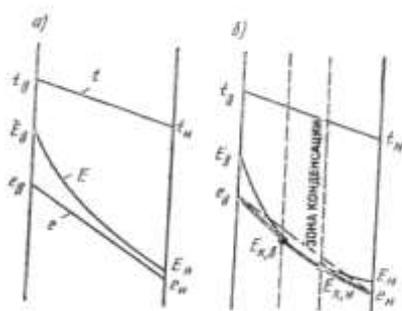
План:

1. Величины максимальной упругости.
2. Конденсация влаги.

В ограждении, вычерченном в определенном масштабе, строится линия падения температуры t (рис. 6.1). По значениям температур в соответствующих плоскостях устанавливаются величины максимальной упругости E водяного пара и строится линия E . Значение упругости e_x водяного пара в соответствующей плоскости определяется по формуле

$$e_x = e_e - \frac{e_e - e_n}{R_{o.n}} \Sigma R_x \quad (6.1)$$

где e_e , e_n , $R_{o.n}$ — то же, что и в формулах (5.1), (5.3); ΣR_x — сумма сопротивлений паропроницанию от внутренней среды до соответствующей плоскости x .



Если линии E и e не пересекаются (рис. 6.1. а), это указывает на отсутствие конденсации водяного пара в ограждении. Если же линии E и e пересекаются (рис. 6.1.б), то в ограждении возможна конденсация водяного пара. Линию изменения действительной упругости водяного пара в ограждении можно построить следующим образом. Из точек на поверхности ограждения, соответствующих e_e и e_n , проводят касательные к линии максимальной упругости водяного пара. Тогда линия $e_e - E_{к.в} - E_{к.н} - e_n$ и будет линией изменения действительной упругости пара. Зона конденсации находится между

точками касания $E_{к.в}$ и $E_{к.н}$. Для предупреждения конденсации в толще ограждения более плотные, теплопроводные и малопаропроницаемые материалы должны располагаться у внутренней поверхности ограждения, а к наружной поверхности, наоборот, пористые, малотеплопроводные и более паропроницаемые. В этом случае у внутренней поверхности будет более высокая температура, а значит, и максимально возможное значение E , причем $E > e$.

Для предупреждения конденсации влаги на внутренней поверхности наружного ограждения необходимо, чтобы $t_b > t_p$. Температура точки росы t_p воздуха помещения определяется по формуле

$$t_p = 20,1 - (5,75 - 0,00206e_b)^2, \quad (6.2)$$

где e_b — упругость водяного пара в воздухе помещения, Па.

Если условие $t_b > t_p$ не соблюдается, то необходимо увеличить сопротивление теплопередаче ограждения R_o . Кроме того, целесообразны вентилирование помещений, обдувка или обогрев внутренних поверхностей ограждения.

Контрольные вопросы:

1. По какой формуле определяется значение упругости водяного пара?
2. Что значит когда линии E и e не пересекаются?
3. Что значит когда линии E и e пересекаются?

Литература

1. Соловьев Н.В., Стрельчук П.И., Ермилов П.И., Канер Б.Л. «Охрана труда в химической промышленности» М; 1969, 528 с.
2. Кушелев В.П., Орлов Г.Г., Сорокин Ю.Г. «Охрана труда нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности», Москва: «Химия», 1983, 472 с.
3. Батулин В.В. Основы промышленной вентиляции. М., Профиздат, 1964. 608с.
4. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Изд. 2-е. Л., Стройиздат, 1975, 236с.
5. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е. М., Высшая школа, 1979.224с.

Практическая работа № 7

Тема: Летний тепловой режим помещения

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о расчетной мощности системы вентиляции и кондиционирования воздуха при борьбе с теплоизбытками.

Задание:

1. Ознакомиться методикой практической работы.
2. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Особенностью летнего теплового режима зданий.
2. Определение расчетной мощности системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Расчетная мощность системы вентиляции и кондиционирования воздуха при борьбе с теплоизбытками. Особенностью летнего теплового режима зданий является определение теплопоступлений от солнечной радиации. Она имеет периодический характер в течение суток, что обуславливает типичную нестационарность процессов теплообмена в летний период. В жаркие летние месяцы здания подвергаются перегреву, что приводит к созданию дискомфортных тепловых условий и, как следствие, — к существенной перенапряженности системы терморегуляции человека.

Для поддержания в помещениях в летний период определенного микроклимата используют средства тепло и солнцезащиты зданий в виде теплоустойчивых, орошаемых водой и вентилируемых ограждений, затеняющих приспособлений, солнцезащитных стекол и др. Помещения охлаждают наружным воздухом путем ночного проветривания и функционирования общеобменной системы вентиляции, а также с помощью систем кондиционирования воздуха.

Для определения расчетной мощности системы вентиляции и кондиционирования воздуха при борьбе с теплоизбытками необходимо составить тепловой баланс помещения в теплый период года. Его можно представить следующим выражением:

$$Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вент}} + Q_{\text{техн}} = 0 \quad (7.1)$$

где $Q_{\text{огр}}$ — теплопоступления в помещение через наружные ограждения; $Q_{\text{вент}}$ — теплопоступления с воздухом систем вентиляции и кондиционирования воздуха; $Q_{\text{техн}}$ — теплопоступления с технологическими и бытовыми тепловыделениями. Указанные теплопоступления являются переменными во времени величинами. Величину $Q_{\text{огр}}$ определяют обычно для каждого часа расчетных летних суток путем сложения теплопоступлений через различные виды массивных непрозрачных (стены, покрытия) и лучепрозрачных (окна, фонари) ограждений различной ориентации.

При переменных технологических тепловыделениях по данным технологического проекта для каждого часа расчетных суток определяют $Q_{\text{техн}}$. Складывая величины $Q_{\text{огр}}$ и $Q_{\text{техн}}$, получают расчетную кривую почасового изменения теплопоступлений в помещение $Q_{\text{п}}$, а также максимальное их значение:

$$Q_{\text{п.макс}} = (Q_{\text{огр}} + Q_{\text{техн}})_{\text{макс}} \quad (7.2)$$

Значение $Q_{\text{п.макс}}$ иногда принимают как расчетные теплоизбытки для определения мощности систем вентиляции и кондиционирования воздуха. При этом установочная мощность системы получается завышенной на 30 % и более. Для более точного расчета мощности систем составляют средний за сутки тепловой баланс помещения.

Контрольные вопросы:

1. Как определяется расчетная мощность системы вентиляции и кондиционирования воздуха?
2. Как получают расчетную кривую почасового изменения теплопоступлений в помещение?

Литература

1. Отопление и вентиляция, часть II. «Вентиляция»/Под.ред. В.Н. Богославского. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1976. 440с.
2. Эльтерман В.М., Вентиляция в химических производствах, 1965.
3. Каменев П.Н., Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1964.
4. Репин Н.Н., Отопление и вентиляция, № 4 – 6 (1938).
5. Батурин В.В., Эльтерман В.М., Аэрация промышленных зданий, Госстройиздат, 1963.

Практическая работа №8

Тема: Воздухообмен в помещении. Выбор расчетного воздухообмена

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о воздухообмене.

Задание:

1. Ознакомиться методикой данной работы.
2. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Воздухообмен.
2. Кратность воздухообмена.
3. Воздухообмен в помещениях.
4. Воздухообмен в помещениях с избыточной влагой.

Воздухообменом называется частичная или полная замена воздуха, содержащего вредные выделения, чистым атмосферным воздухом. Количество воздуха, подаваемого или удаляемого за 1 ч. из помещения, отнесенные к его внутренней кубатуре, принято называет кратностью воздухообмена. При этом знаком (+) обозначается воздухообменом по притоку, знаком (-) –по вытяжке, т.е.

$$\pm n = L/V_{\text{п}} \quad (8.1)$$

Так, если говорят, что кратность воздухообмена равна, например, +2,-3, то это значит, что в это помещение за 1 час подается двукратное и удаляется из него трехкратное к объему помещения количество воздуха.

Решив уравнение (8.1) относительно L , получим выражение для определения объема притока или вытяжки при общеобменной вентиляции. Воздухообмен в помещениях, L м³/ч, определяется отдельно для теплового и холодного периодов года и переходных условий при плотности приточного и удаляемого воздуха 1,2 кг/м³ по следующим формулам:

а) по избыткам явной теплоты

$$L = L_{\text{об(р)з}} + (3,6 Q_{\text{явн}} - c L_{\text{об(р)з}}(t_{\text{об(р)з}} - t_{\text{пр}})) / c (t_{\text{в}} - t_{\text{пр}}) \quad (8.2)$$

б) по массе выделяющихся вредных веществ

$$L = L_{\text{об(р)з}} + (m_{\text{ро}} - c L_{\text{об(р)з}}(k_{\text{об(р)з}} - k_{\text{пр}})) / c (k_{\text{в}} - k_{\text{пр}}) \quad (8.3)$$

Если в помещение выделяется несколько вредных веществ, обладающих эффектом суммации действия, необходимо воздухообмен определять, суммируя расходы воздуха, рассчитанные по каждому из этих веществ;

в) по избыткам влаги (водяного пара)

$$L = L_{об(р)з} + (G - 1.2 L_{об(р)з} (d_{об(р)з} - d_{пр})) / 1.2 (d_{в} - d_{пр}) \quad (8.4)$$

В помещениях с избыточной влагой (театрах, столовых, банях, прачечных и т.п.) необходимо делать проверку достаточности воздухообмена для предупреждения образования конденсата на внутренней поверхности наружных ограждений при расчетах параметрах наружного воздуха в холодный период года;

г) по избыткам полной теплоты

$$L = L_{об(р)з} + (3.6 Q_{пол} - 1.2 L_{об(р)з} (I_{об(р)з} - I_{пр})) / 1.2 (I_{в} - I_{пр}) \quad (8.5)$$

д) по нормируемой кратности воздухообмена

$$L = Vn \quad (8.6)$$

е) по нормируемой удельному расходу приточного воздуха

$$L = FL'_{пр} \quad (8.7); \quad L = FL''_{пр} \quad (8.8)$$

В формулах (8.1)-(8.8): $L_{об(р)з}$ - расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения, м³/ч; $Q_{явн.}, Q_{пол}$ - избыточный явный и полный тепловой потоки в помещение, Вт; c - теплоемкость воздуха, равная 1,2 кДж/(м³с); $t_{об(р)з}$ - температура воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения, С⁰; $t_{в}$ - температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, С⁰; $t_{пр}$ - температура воздуха, подаваемого в помещение, С⁰; G - избытки влаги в помещении, г/ч; $d_{об(р)з}$ - влагосодержание воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны, г/кг; $d_{в}$ - влагосодержание воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, г/кг; $d_{пр}$ - влагосодержание воздуха, подаваемого в помещение, г/кг; $I_{об(р)з}, I_{в}, I_{пр}$ - удельные энтальпии воздуха при температурах $t_{об(р)з}, t_{в}, t_{пр}$ соответственно кДж/кг; $m_{ро}$ - масса каждого из вредных веществ, поступающих из воздуха в помещения, мг/ч; $k_{об(р)з}, k_{в}$ - концентрация вредного вещества в воздухе, удаляемом соответственно из рабочей зоны помещения и за ее пределами, мг/м³; $k_{пр}$ - концентрация вредного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, мг/м³; V - объем помещения, м³; для помещений высотой 6 м и более следует принимать $V = 6F$; F - площадь помещения, м²; n - нормируемая кратность воздухообмена, ч⁻¹; $L'_{пр}$ - нормируемой расход приточного воздуха на 1 м² площади пола помещения, м³/(ч м²); $L''_{пр}$ - нормируемой удельный расход приточного воздуха на 1 человека, на 1 рабочее место или единицу оборудования, м³/ч.

Параметры $k_{об(р)з}$, принимают равным ПДК в рабочей зоне помещения, а параметры воздуха $t_{об(р)з}, d_{об(р)з}, I_{об(р)з}$, - равным расчетным параметрам в обслуживаемой или рабочей зоне помещения.

Для обеспечения норм взрывопожарной безопасности воздухообмен помещении необходимо определять по формуле (9.3), заменяя $k_{об(р)з}, k_{в}$ на 0,1 к_д, мг/м³, где к_д - нижний концентрационный предел распространения пламени по газо-, паро-, и пылевоздушным смесями.

За расчетные значения воздухообмена следует принять большую из величин, полученных по приведенным формулам.

Контрольные вопросы:

1. Что такое воздухообмен?
2. Что такое кратность воздухообмена?
3. Формулы для определения воздухообмена в помещениях?

Литература

1. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Изд. 2-е. Л., Стройиздат, 1975, 236с.
2. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е. М., Высшая школа, 1979.224с.
3. Отопление и вентиляция, часть II. «Вентиляция»/Под.ред. В.Н. Богославского. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1976. 440с.
4. Эльтерман В.М., Вентиляция в химических производствах, 1965.
5. Каменев П.Н., Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1964.

Практическая работа № 9

Тема: Определение естественного давления и расчет воздухопроводов

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов об определении естественного давления и расчете воздухопроводов.

Задание:

1. Изучить методы определения *естественного давления и расчет воздухопроводов*.
2. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Расчетное естественное давление для систем вентиляции жилых и общественных зданий.
2. Нормальная работа системы естественной вентиляции.

В канальных системах естественной вытяжной вентиляции воздух перемещается в каналах и воздухопроводах под действием естественного давления, возникающего вследствие разности давлений холодного наружного и теплого внутреннего воздуха.

Естественное давление Δp_e , Па, определяют по формуле

$$\Delta p_e = h_i g (\rho_n - \rho_v). \quad (9.1)$$

где h_i — высота воздушного столба, принимаемая от центра вытяжного отверстия до устья вытяжной шахты, м; ρ_n и ρ_v — плотность соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м³.

Расчетное естественное давление для систем вентиляции жилых и общественных зданий согласно СНиП 2.04.05—86 определяется для

температуры наружного воздуха +5°C. Считается, что при более высоких наружных температурах, когда естественное давление становится весьма незначительным, дополнительный воздухообмен можно получать, открывая более часто и на более продолжительное время форточки, фрамуги, а иногда створки оконных рам.

Анализируя выражение (9.1), можно сделать следующие практические выводы.

1. Верхние этажи здания по сравнению с нижними находятся в менее благоприятных условиях, так как располагаемое давление здесь меньше.
2. Естественное давление становится большим при низкой температуре наружного воздуха и заметно уменьшается в теплое время года.
3. Охлаждение воздуха в воздуховодах (каналах) влечет за собой снижение действующего давления и может вызвать выпадение конденсата со всеми вытекающими последствиями.

Кроме того, из выражения (9.1) следует, что естественное давление не зависит от длины горизонтальных воздуховодов, тогда как для преодоления сопротивлений в коротких ветвях воздуховодов, безусловно, требуется меньше давления, чем в ветвях значительной протяженности. На основании технико-экономических расчетов и опыта эксплуатации вытяжных систем вентиляции радиус действия их — от оси вытяжной шахты до оси наиболее удаленного отверстия — допускается не более 8 м.

Для нормальной работы системы естественной вентиляции необходимо, чтобы было сохранено равенство

$$\Sigma(Rl\beta + Z)\alpha = \Delta p_e, \quad (9.2)$$

где R — удельная потеря давления на трение, Па/м; l — длина воздуховодов (каналов), м; Rl — потеря давления на трение расчетной ветви, Па; Z — потеря давления на местные сопротивления, Па; Δp_e — располагаемое давление, Па; α — коэффициент запаса, равный 1,1 — 1,15; β — поправочный коэффициент на шероховатость поверхности.

Контрольные вопросы:

1. Как определяют естественное давление?
2. Анализируя выражение определения естественного давления, получаем какие практические выводы?
3. Что необходимо для нормальной работы системы естественной вентиляции?

Литература

1. Батурин В.В., Эльтерман В.М., Аэрация промышленных зданий, Госстройиздат, 1963.
2. Романенко П.Н., Ройтман М.Я., Пожарная профилактика отопительно-вентиляционных систем, Стройиздат, 1964
3. Ужов В.Н., Очистка отходящих промышленных газов. Госхимиздат, 1959.
4. Рязанов В.А., Санитарная охрана атмосферного воздуха, Медгиз, 1954.
5. Андреев П.И., Рассеяние в воздухе газов выбрасываемых промышленными предприятиями, Госстройиздат, 1952.

Практическая работа № 10

Тема: Дефлекторы

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о работе дефлектора.

Задание:

1. Ознакомиться методикой данной работы.
2. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Назначение дефлектора.
2. Основные виды дефлектора.
3. Рекомендации для установки дефлекторов.

Дефлекторами называются специальные насадки, устанавливаемые на концах труб или шахт, а также непосредственно над вытяжными отверстиями в крышах производственных зданий. Назначение дефлектора усилить вытяжку загрязненного воздуха из различных помещений. Работа дефлектора основана на использовании энергии потока воздуха - ветра, который, ударяясь о поверхность дефлектора и обтекая его, создает возле большей части его периметра разрежение, что и усиливает вытяжку воздуха из помещений.

Дефлекторы изготовляют различных конструкций и размеров. Наиболее распространены дефлекторы ЦАГИ круглой (рис. 10.1) и квадратной форм. Размеры отдельных элементов дефлектора указаны в долях диаметра его патрубка. Номер дефлектора соответствует диаметру патрубка в дециметрах. Дефлектор ЦАГИ квадратной формы состоит в основном из тех же элементов, что и круглый.

Ориентировочно определить диаметр патрубка дефлектора типа ЦАГИ можно по формуле

$$d = 0,0188 \sqrt{L / v_d} \quad (10.1)$$

Скорость воздуха в патрубке дефлектора при учете только ветрового давления определяют по формуле

$$V_d = \sqrt{(0,4 v_v^2) / (1,2 + \Sigma \zeta + 0,02 l/d)} \quad (10.2)$$

а с учетом давления ветра и гравитационного давления - по формуле

$$V_d = \sqrt{(0,4 v_v^2 + 1,6p) / (1,2 + \Sigma \zeta + 0,02 l/d)} \quad (10.3)$$

где v_v - скорость ветра, м/с; $\Sigma \zeta$ - сумма коэффициентов местного сопротивления вытяжного воздухопровода, при его отсутствии $\zeta=0,5$ (вход в патрубок дефлектора); l -длина патрубка дефлектора или вытяжного воздухопровода, м; p - тепловое давление, равное hg ($p_n - p_v$),

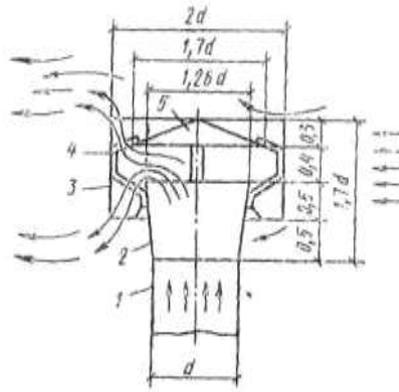


Рисунок. 10.1. Дефлектор ЦАГИ

1 - патрубок; 2 - диффузор; 8 - корпус дефлектора; 4-лапки для крепления зонта колпака; 5 - зонт-колпак.

Скорость движения воздуха в патрубке дефлектора составляет приблизительно 0,2-0,4 скорости движения давления ветра, т. е.

$$v_d = (0,2-0,4) v_B \quad (10.4)$$

Если дефлектор устанавливается непосредственно в перекрытии без вытяжной трубы, скорость движения воздуха в патрубке дефлектора будет несколько больше 0,5 м/с.

Для подбора дефлектора типа ЦАГИ при установке его на крыше или шахте с незначительными сопротивлениями дефлектора до патрубка можно пользоваться номограммами (рисунок 10.2).

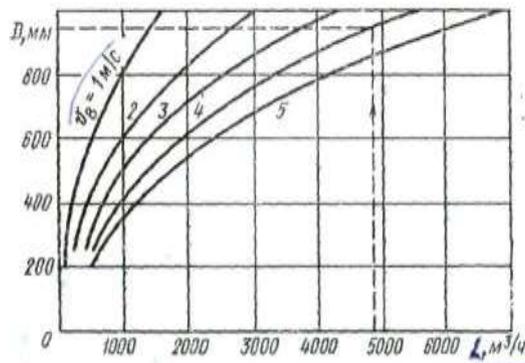


Рисунок 10.2. Номограмма для подбора дефлектора ЦАГИ

Дефлекторы рекомендуется устанавливать в наиболее высоких точках, непосредственно обдуваемых ветром. Нельзя ставить дефлекторы в зоне подпора ветра, например перед стеной, на которую направлен ветер, вблизи выступающих брандмауэров и т. п., так как в этих условиях возможно опрокидывание тяги, т. е. задувание наружного воздуха внутрь помещения. Не следует также устанавливать дефлекторы между высокими зданиями (в аэродинамической тени).

Контрольные вопросы:

1. Что такое дефлектор и назначения дефлектора?
2. Наиболее распространены дефлекторы и его структура?

3. Как определяется диаметр патрубка и скорость воздуха в патрубке дефлектора типа ЦАГИ?
4. Подбор дефлектора?

Литература

1. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Изд. 2-е. Л., Стройиздат, 1975, 236с.
2. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е. М., Высшая школа, 1979.224с.
3. Отопление и вентиляция, часть II. «Вентиляция»/Под.ред. В.Н. Богославского. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1976. 440с.
4. Эльтерман В.М., Вентиляция в химических производствах, 1965.
5. Каменев П.Н., Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1964.

Практическая работа №11

Тема: Системы аэрации промышленного здания

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о системах аэрации промышленного здания.

Задание:

1. Ознакомиться системой *аэрации промышленного здания*.
2. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Аэрации зданий.
2. Гравитационное давление.
3. Нейтральная зона.

Аэрации зданий называется организованный и управляемый естественный воздухообмен через открывающиеся фрамуги в окнах и вентиляционно-световые фонари с использованием теплового и ветрового давлений. Аэрация широко применяется в производственных зданиях с большими теплоизбытками и позволяет осуществлять воздухообмены, достигающие миллионов кубических метров в 1 ч.

Гравитационное давление, в результате которого воздух поступает в помещение и выходит из него, образующееся за счет разности температур наружного и внутреннего воздуха, регулируется различной степенью открытия фрамуг и фонарей. Разность этих давлений на одном и том же уровне называется внутренним избыточным давлением и обозначается $p_{изб}$; при этом $p_{изб}$ может быть как положительной, так и отрицательной величиной. (**рисунок 11.1**)

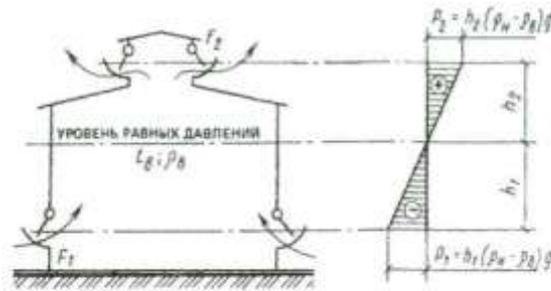


Рисунок 11.1. Схема аэрации здания

Очевидно, что превышение наружного давления над внутренним (при отрицательном значении $p_{изб}$) обуславливает поступление воздуха через отверстие наружном ограждении внутрь помещения, а превышение внутреннего давления над наружным (при положительном значении $p_{изб}$), наоборот, выход его из помещения. Если $p_{изб}=0$, то движения через отверстие не будет. Плоскость, где внутреннее избыточное давление равно нулю, называется **нейтральной зоной**.

Расстояния от нейтральной зоны до середины вытяжного и приточного отверстий обратно пропорциональны квадратам площадей отверстий; при этом нейтральная зона располагается ближе к большому отверстию.

Если $F_1 = F_2$, то $h_1 = h_2 = h/2$. Следовательно, при равных отверстиях нейтральная зона находится по середине.

Заметим, что нейтральная зона в помещении может быть только при действии одних теплоизбытков; при ветре или ветре с теплоизбытками она резко смещается вверх и исчезает.

Связь между расходом воздуха, который протекает через отверстие, имеющее площадь F , и равенством давлений внутри и снаружи однопролетного цеха выражается формулой:

$$G = \mu F \sqrt{2\rho \Delta p} \quad (11.1)$$

где G - массовый секундный расход воздуха, кг/с; μ - коэффициент расхода, зависящий от условий истечения; ρ - плотность воздуха в исходном состоянии, кг/м³; p - разность давлений внутри и снаружи помещения в данном отверстии, Па.

Ориентировочное количество воздуха L м³/ч, выходящего из цеха 1 м² отверстия с учетом только теплового давления и при условии равенства площади отверстия в стенах и фонарях и коэффициенте расхода $\mu=0,6$ можно определить по упрощенной формуле:

$$L = 420 \sqrt{h \Delta t} \quad (11.2)$$

где h - расстояние между центрами нижних и верхних отверстий, м; Δt - разность температур средней (по высоте) в помещении и наружной температурой, С⁰.

Если значение μ будет иным, то для получения удельного воздухообмена нужно выражение для L (11.2) разделить на 0,6 и умножить на новое значение μ :

$$L=(420 \mu /0,6)\sqrt{h\Delta t} \quad (11.3)$$

Контрольные вопросы:

1. Аэрация зданий и гравитационное давление?
2. Нейтральная зона?
3. Как выражается связь между расходом воздуха и равенством давлений внутри и снаружи однопролетного цеха?
4. Как определяют ориентировочное количество воздуха?

Литература

1. Соловьев Н.В., Стрельчук П.И., Ермилов П.И., Канер Б.Л. «Охрана труда в химической промышленности» М; 1969, 528 с.
2. Кушелев В.П., Орлов Г.Г., Сорокин Ю.Г. «Охрана труда нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности», Москва: «Химия», 1983, 472 с.
3. Батулин В.В. Основы промышленной вентиляции. М., Профиздат, 1964. 608с.
4. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Изд. 2-е. Л., Стройиздат, 1975, 236с.
5. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е. М., Высшая школа, 1979.224с.

Практическая работа №12

Тема: Аэрация с использованием ветрового давления

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов об аэрации с использованием ветрового давления.

Задание:

1. Ознакомиться методикой *аэрации с использованием ветрового давления*.
2. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Основа аэрации с использованием ветрового давления.
2. Ветровое давление на поверхности ограждения.
3. Рекомендации архитектурно-планировочного и конструктивного характера по аэрации производственных зданий.

Аэрация с использованием ветрового давления основана на том, что на наветренных поверхностях здания возникает избыточное давление, а на заветренных сторонах – разрежение. (рисунок 12.1)

а)

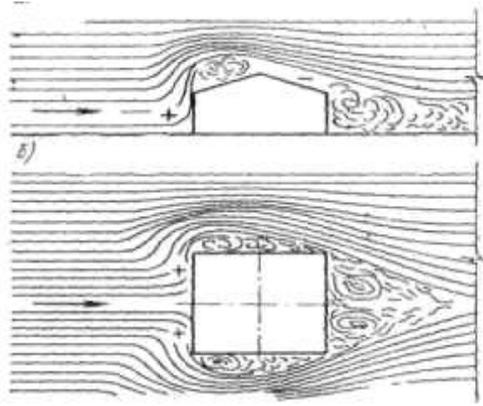


Рисунок 12.1. Движение воздушных масс у здания, вертикальная (а) и горизонтальная (б) проекции

Ветровое давление на поверхности ограждения определяют из выражения:

$$p_v = k(v^2 \rho) / 2 \quad (12.1)$$

где k – аэродинамический коэффициент, показывающий, какая доля динамического давления ветра преобразуется в давление на данном участке ограждения или кровли. Значение k определяют обычно путем обдувания воздухопроницаемых моделей здания потоком воздуха в аэродинамической трубе. Можно полагать в среднем для наветренной стороны $k = +0,8$, а для заветренной $k = -0,6$.

Большая роль в осуществлении аэрации зданий принадлежит инженеру-строителю. В связи с этим приводим наиболее важные рекомендации архитектурно-планировочного и конструктивного характера по аэрации производственных зданий.

1. В многопролетных цехах как приток, так и вытяжку воздуха целесообразно осуществлять преимущественно через открывающиеся фрамуги фонарей, в однопролетных цехах — приток через проемы в наружных стенах, а вытяжку — через фонари. Для регулирования поступления и выхода воздуха открывающиеся фрамуги и створки фонаря снабжаются специальными механизмами, управляемыми с пола.

2. При проектировании многопролетных производственных зданий необходимо учитывать количество и характер вредных веществ, выделяющихся в каждом пролете, и в связи с этим принимать решение о профиле крыши, форме фонаря, взаимном расположении их и высоте пролетов. При неудачном решении этих вопросов нельзя применять аэрацию, так как воздух на крыше перегрет и оказывается сильно загрязненным газами и пылью.

3. Проемы в зданиях со значительными теплоизбытками и выделениями вредных газов следует располагать по периметру зданий так, чтобы они прилегали к наружной стене наибольшей протяженности.

4. Для обеспечения достаточного притока чистого воздуха наилучшим планировочным решением является конструкция цехов с открытыми продольными наружными стенами, т. е. без пристроек. Бытовые помещения во многих случаях целесообразно размещать в торцах здания.

5. Большое значение при аэрации цеха имеет его высота. Для цехов с большими тепловыделениями высота их должна быть не меньше 10 м.

6. В зданиях, где аэрация осуществляется в летнее и зимнее время года, для подачи наружного воздуха зимой приточные отверстия должны быть размещены на высоте не менее 4 м. от пола. При низких наружных температурах часть объема вентиляционного воздуха рекомендуется вводить в помещение вентилятором с подогревом его до 10—12 °С.

В цехах небольшой высоты подача неподогретого воздуха допускается на отметке ниже 4 м, но при условии устранения непосредственного воздействия холодного воздуха на работающих, например с помощью козырьков, направляющих воздух вверх.

7. При аэрации воздух из цехов должен удаляться через незадуваемые фонари, а также через шахты круглого и квадратного сечений, снабженные дефлекторами.

Контрольные вопросы:

1. На чем основана аэрация с использованием ветрового давления?
2. Как определяют ветровое давление на поверхности ограждения?
3. Важные рекомендации архитектурно-планировочного и конструктивного характера по аэрации производственных зданий?

Литература

1. Отопление и вентиляция, часть II. «Вентиляция»/Под.ред. В.Н. Богославского. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1976. 440с.
2. Эльтерман В.М., Вентиляция в химических производствах, 1965.
3. Каменев П.Н., Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1964.
4. Репин Н.Н., Отопление и вентиляция, № 4 – 6 (1938).
5. Батурин В.В., Эльтерман В.М., Аэрация промышленных зданий, Госстройиздат, 1963

Практическая работа №13

Тема: Виды и подбор вентилятора

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о видах и подбор вентилятора.

Задание:

1. Ознакомиться видами вентилятора.
2. Изучить методику данной работы.
3. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Виды вентиляторов.
2. Подбор вентилятора.
3. Установочная мощность электродвигателя.

Крышные вентиляторы представляют собой вентиляционные агрегаты, приспособленные для установки вне помещений на бесчердачном покрытии производственных и общественных зданий вместо большого числа вытяжных

шахт или аэрационных фонарей. В отличие от обычных вентиляторов вал их имеет вертикальное положение и рабочие колеса вращаются в горизонтальной плоскости (рис. 13.1).

Осевые крышные вентиляторы, как правило, следует применять только для децентрализованных установок общеобменной вытяжной вентиляции без сети воздуховодов. **Радиальные крышные вентиляторы** можно использовать для установок общеобменной вытяжной вентиляции как без сети, так и с сетью воздуховодов. Кроме того, их можно устанавливать для удаления воздуха от местных укрытий, если не требуется предварительной очистки воздуха и если температура его не превышает 60—70°C. В настоящее время промышленность выпускает крышные вентиляторы типа ВКР — стальные, ВКРТ — из титановых сплавов.

При повышенных требованиях к бесшумности вентиляционных установок следует применять преимущественно крышные радиальные вентиляторы, а не крышные осевые.

Потолочные вентиляторы предназначены для периодического увеличения скорости движения воздуха в теплый период года в производственных и общественных помещениях. Потолочный вентилятор состоит из двигателя, на вал которого насажены лопасти. Двигатель с помощью системы подвеса крепят к арматуре или специальному устройству в перекрытии помещения. Потолочные вентиляторы, выпускаемые с размахом лопастей 900, 1200, 1500 и 1800 мм, должны иметь регулятор частоты вращения.

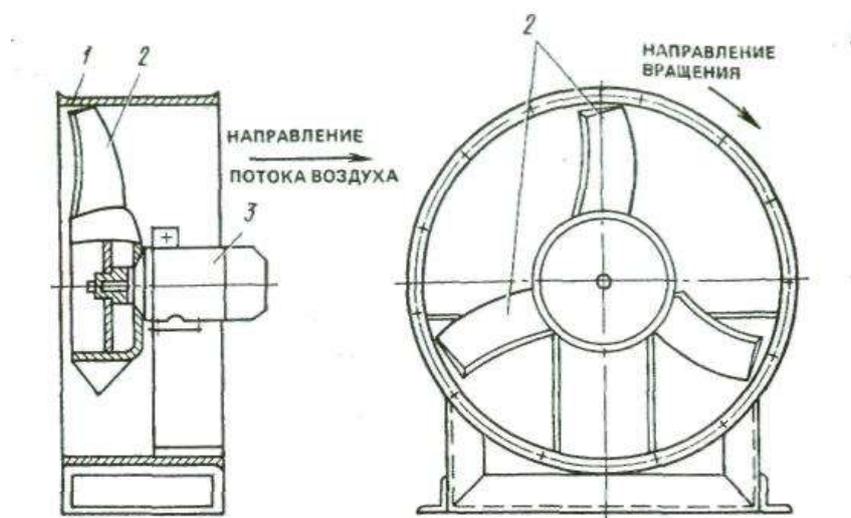


Рисунок 13.1. Осевой вентилятор В-06-300

1 — обечайка; 2 — лопасти рабочего колеса; 3 — электродвигатель

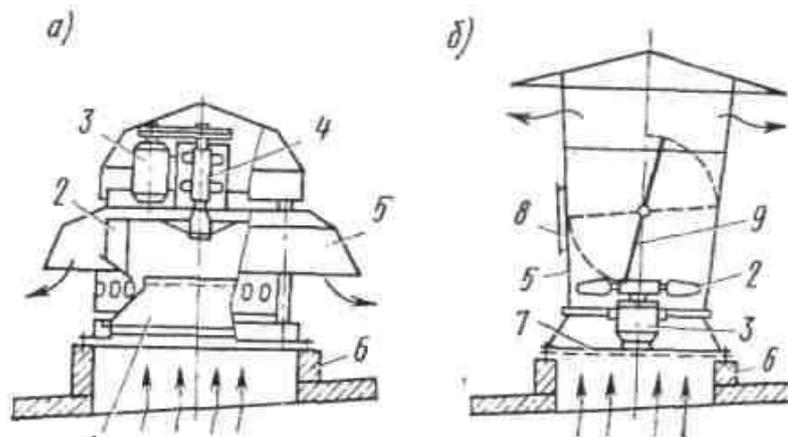


Рисунок 13.2. Крышные вентиляторы

а — радиальный ВКР-4; б — осевой ЦЗ-04; 1 — входной патрубок; 2 — рабочее колесо; 3 — электродвигатель; 4 — подшипники; 5 — кожух; 6 — железобетонный стакан; 7 — предохранительная решетка; 8 — люк; 9 — самооткрывающийся клапан.

Подбор вентилятора. Вентилятор подбирают по подаче L , $\text{м}^3/\text{ч}$, и требуемому полному давлению вентилятора p , Па, пользуясь рабочими характеристиками. В них для определенной частоты вращения колеса даются зависимости между подачей вентилятора по воздуху, с одной стороны, и создаваемым давлением, потребляемой мощностью и коэффициентом полезного действия — с другой. Полное давление p , по которому подбирается вентилятор, представляет собой сумму статического давления, расходуемого на преодоление сопротивлений по всасывающей и нагнетательной сети, и динамического, создающего скорость движения воздуха.

Величина p , Па, определяется по формуле

$$p = \Sigma p_{\text{вс}} + \Sigma p_{\text{наг}} + v^2 \rho / 2. \quad (13.1)$$

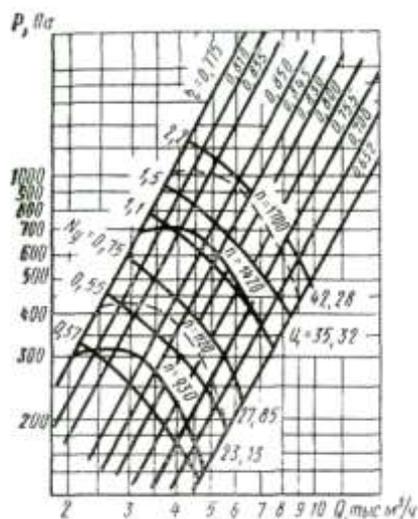


Рисунок 13.3. Аэродинамическая характеристика вентилятора В-Ц4-75-5 с рабочим колесом $0,9 D_n$

Динамическое давление обычно определяется (с некоторым запасом) по скорости движения воздуха в нагнетательном патрубке вентилятора.

Подбирая вентилятор (**рис. 13.3**), следует стремиться к тому, чтобы требуемым величинам давления и подачи соответствовало максимальное значение КПД. Это диктуется не только экономическими соображениями, но и стремлением снизить шум вентилятора при работе его в области высоких КПД. Кроме того, необходимо учитывать закономерности, о которых говорилось при рассмотрении циркуляционных насосов системы водяного отопления.

Требуемая мощность N , кВт, электродвигателя для вентилятора определяют по формуле

$$N = \frac{L_p}{3600\eta_6\eta_{p,n}} \quad (13.2)$$

где L — подача вентилятора, м³/ч; p — давление, создаваемое вентилятором, кПа; η_6 — КПД вентилятора, принимаемый по его характеристике; $\eta_{p,n}$ — КПД ременной передачи, при клиноременной передаче равный 0,95, при плоском ремне — 0,9.

Установочная мощность электродвигателя определяется по формуле

$$N_{уст} = \alpha N, \quad (13.3)$$

где α — коэффициент запаса мощности.

Тип электродвигателя к вентилятору следует выбирать, учитывая условия эксплуатации последнего — наличие пыли, газа и паров, а также категорию пожаро- и взрывоопасности помещения.

Контрольные вопросы:

1. Виды вентилятора?
2. Как подбирают вентиляторов?
3. Как определяют требуемую мощность, электродвигателя для вентилятора?
4. Как определяет установочную мощность электродвигателя?

Литература

1. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Изд. 2-е. Л., Стройиздат, 1975, 236с.
2. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е. М., Высшая школа, 1979.224с.
3. Отопление и вентиляция, часть II. «Вентиляция»/Под.ред. В.Н. Богославского. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1976. 440с.
4. Эльтерман В.М., Вентиляция в химических производствах, 1965.
5. Каменев П.Н., Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1964.

Практическая работа №14

Тема: Устройство и расчет калориферной установки

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов об устройстве и расчете калориферной установки.

Задание:

1. Ознакомиться устройством калориферной установки.
2. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Типы калориферов средней С и большой Б моделей.
2. Техничко-экономические показатели калорифера.
3. Коэффициент теплопередачи.
4. Подбор калориферов

Для нагревания воздуха применяют преимущественно стальные пластинчатые и биметаллические со спирально-накатным оребрением калориферы. Оребрение увеличивает площадь поверхности нагрева.

Теплопередающая поверхность пластинчатых калориферов выполнена из стальных трубок диаметром 16x12 мм и стальных гофрированных пластин толщиной 0,55 мм, насаженных на трубки, на расстояние 4,8 мм одна от другой.

В настоящее время промышленность выпускает следующие типы калориферов средней С и большой Б моделей (**рис. 14.1**), имеющих по направлению движения воздуха соответственно три и четыре теплопередающих трубок:

1. Калориферы модели КВСБ-П и КВББ-П семи типоразмеров с №6 по №12; КВС6В... КВС12Б-П- стальные и пластинчатые.
2. Калориферы моделей КСк3 и КСк4 семи типов размеров с №6 по №12: КСк3-6... КСк3-12; КСк4-6...КСк4-12- биметаллические со спирально-накатным оребрением.
3. Калориферы моделей КПС-П и КПБ-П семи типоразмеров с №6 по №12: КПС6-П...КПС12-П; КПБ6-П...КПБ12-П -стальные пластинчатые.
4. Калориферы моделей КПЗ-СК и КП4-СК семи типоразмеров с №6 по №12: КПЗ6-СК...КПЗ12-СККП46-СК...КП412-СК- биметаллические со спирально-накатным оребрением.

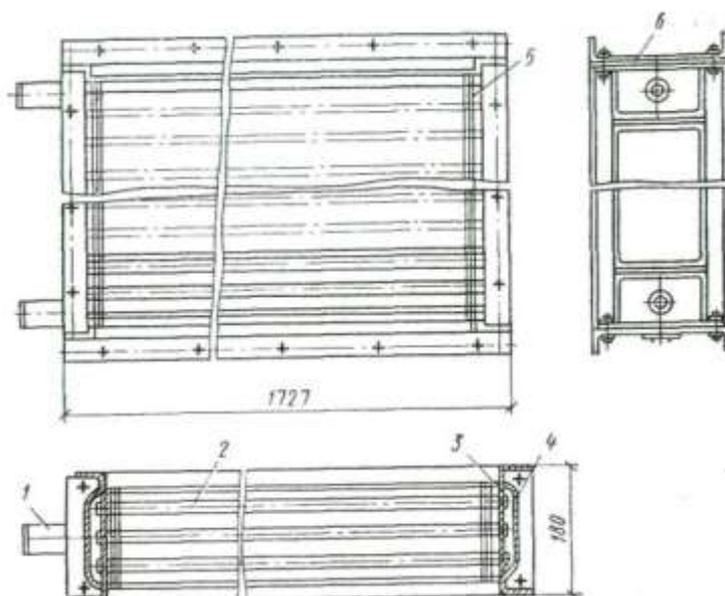


Рисунок 14.1. Калорифер стальной пластинчатый марки КВСБ-II
 1 — соединительный штуцер; 2 — трубка для прохода теплоносителя; 3 —
 трубная решетка; 4 — коллекторная крышка; 5 — стальные гофрированные пластины по всей длине трубок; 6 — боковой щиток

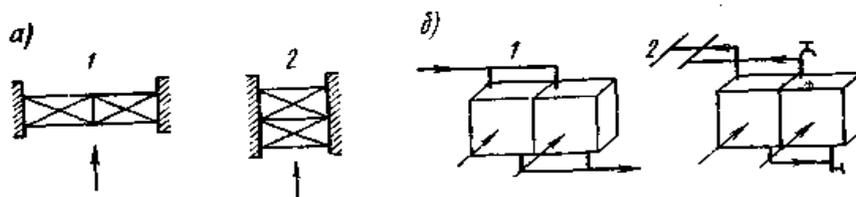


Рис. 14.2. Схемы установки калориферов и присоединения теплопроводов к ним
 а — по воздуху; б — по теплоносителю: 1 — параллельная; 2 — последовательная

Калориферы всех моделей могут быть установлены параллельно и последовательно (рис.15.2). Для нагревания значительных объемов воздуха, но при небольшом перепаде температур применяется параллельная установка. При необходимости нагрева воздуха до высокой температуры калориферы устанавливаются последовательно. Для регулирования теплоотдачи калориферов и изменения температуры подаваемого в помещение воздуха применяют соответствующую арматуру и устраивают обводные воздухопроводы, снабженные клапанами. Присоединение трубопровода к калориферам также осуществляют по параллельной или последовательной схеме. При теплоносителе – паре применяют только параллельную схему.

Технико-экономическими показателями калорифера являются коэффициент теплопередачи, аэродинамическое сопротивление проходу воздуха и масса металла, приходящаяся на 1 м^2 площади поверхности нагрева.

При определении коэффициента теплопередачи пользуются массовой скоростью движения воздуха $v_p, \text{кг}/(\text{см}^2)$, в живом сечении калорифера, а не линейной, потому что v_p остается постоянной на всем пути прохождения воздуха, в то время как линейная скорость ρ , м/с, изменяется вследствие нагревания и увеличения объема воздуха. Величина v_p , $\text{кг}/(\text{см}^2)$, определяется по формуле

$$v_p = L_p / 3600 f_{ж}, \quad (14.1)$$

где L - количество воздуха, проходящего через калорифер, $\text{м}^3/\text{ч}$; $f_{ж}$ - площадь живого сечения калорифера для прохода воздуха (площадь просветов), м^2 .

Массовая скорость движения воздуха в калориферах обычно принимается в пределах $5-7 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Скорость движения воды в трубах калорифера ω , м/с, которую нужно знать при теплоносителе воде, определяется по формуле:

$$\omega = Q \cdot 10^{-3} / \rho c f_{тр} (t_r - t_o), \quad (14.2)$$

где Q - расход теплоты для нагревания воздуха, Вт; $f_{тр}$ - площадь живого сечения трубок калорифера для прохода воды, м^2 ; ρ - плотность при ее средней температуре в калорифере, $\text{кг}/\text{м}^3$; c - удельная теплоемкость воды, равная $4,19 \text{ кДж}/(\text{кг К})$; t_r - температура горячей воды, поступающей в калорифер, $^{\circ}\text{C}$; t_o - температура обратной воды, $^{\circ}\text{C}$.

Для подбора калориферов вычисляют расход теплоты Q , Вт:

$$Q = 0,278 L \rho c (t_k - t_n) \quad (14.3)$$

где $0,278$ - коэффициент перевода $\text{кДж}/\text{ч}$ в Вт; L - количество нагреваемого воздуха $\text{м}^3/\text{ч}$; ρ - плотность воздуха (при температуре t_k) $\text{кг}/\text{м}^3$; c - удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/(\text{кг К})$; t_k - конечная температура, до которого нагревается воздух в калорифер, $^{\circ}\text{C}$.

Площадь поверхности нагрева калориферов F_k , м^2 , определяются по уравнению

$$F_k = Q / k (t'_{cp} - t_{cp}) \quad (14.4)$$

где Q - расход теплоты на нагревание воздуха, Вт; k - коэффициент теплопередачи калорифера, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$; t'_{cp} - средняя температура теплоносителя- пара или воды, $^{\circ}\text{C}$; t_{cp} - средняя температура нагреваемого воздуха, проходящего через калорифер, $^{\circ}\text{C}$.

Средняя температура теплоносителя составляет при теплоносителе – воде

$$t'_{cp} = (t_r + t_o) / 2 \quad (14.5)$$

где t_r - температура воды при входе в калорифер, равная $130 - 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$; t_o - температура воды при выходе из калорифер, равная $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Средняя температура воздуха

$$t_{cp} = (t_n + t_k) / 2 \quad (14.6)$$

где t_n, t_k - температура воздуха при входе калорифер и выходе из него

Коэффициент теплопередачи k определяется по формулам, таблицам и графикам в зависимости от модели калорифера, вида теплоносителя, его скорости движения и массовой скорости движения воздуха.

Контрольные вопросы:

1. Типы калориферов используемых для нагревания воздуха?
2. Как устанавливаются калориферы?
3. Определение коэффициента теплопередачи?
4. Как определяет массовую скорость движения воздуха в калориферах?
5. Вычисление подбора калориферов?

Литература

1. Отопление и вентиляция, часть II. «Вентиляция»/Под.ред. В.Н. Богославского. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1976. 440с.
2. Эльтерман В.М., Вентиляция в химических производствах, 1965.
3. Каменев П.Н., Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1964.
4. Репин Н.Н., Отопление и вентиляция, № 4 – 6 (1938).
5. Батурин В.В., Эльтерман В.М., Аэрация промышленных зданий, Госстройиздат, 1963.

Практическая работа №15

Тема: Расчета систем пневматического транспорта

Цель занятий: На основании практических материалов, а также источников литературы закрепить знания студентов о расчете систем пневматического транспорта.

Задание:

1. Ознакомиться методикой расчета систем пневматического транспорта.
2. Ответить на контрольные вопросы

План:

1. Скорости витания и рабочей скорости движения транспортируемого материала.
2. Потери давления на горизонтальных участках воздуховода.
3. Потери давления, на вертикальных участках воздуховода.

На крупных строительных площадках и на заводах строительной индустрии для перемещения различных материалов и отходов производства широко применяют пневматический транспорт, имеющий большие преимущества по сравнению с другими способами их транспортирования.

Для расчета систем пневматического транспорта введено понятие о **скорости витания и рабочей скорости движения** транспортируемого материала. Под скоростью витания $v_{\text{вит}}$ понимается скорость движения воздушного потока, при которой материальные частицы находятся во взвешенном состоянии или в состоянии безразличного равновесия. Рабочей скоростью $v_{\text{раб}}$ называется действительная скорость материальных частиц в воздуховоде пневматического транспорта, при которой кроме материальных частиц, находящихся во взвешенном состоянии, поднимаются в случае, например, остановки вентилятора и пуска его в работу частицы, осевшие в воздуховоде.

Отношение рабочей скорости в воздуховоде к скорости транспортируемых материальных частиц зависит от массовой концентрации

смеси, представляющей собой массу G , кг, транспортируемого материала, приходящегося на 1 кг транспортируемого воздуха.

Величина скорости витания $v_{\text{вит}}$ является одним из основных исходных данных при расчете систем пневматического транспорта.

Для шарообразных частиц приближенное значение скорости витания $v_{\text{вит}}$, м/с, в обычных интервалах числа Re :

$$v_{\text{вит}} = 4,7\sqrt{d\rho} \quad (15.1)$$

где d — диаметр тела, м; ρ — плотность тела, кг/м³.

Для транспортирования в вертикальном трубопроводе (воздуховоде) скорость движения воздуха должна быть в 1,3—1,5 раза больше скорости витания. При транспортировании в горизонтальном трубопроводе скорость движения воздуха должна равняться примерно двум скоростям витания.

Для некоторых видов пыли примерные рабочие скорости воздушного потока в воздуховодах пневматического транспорта могут быть приняты по **табл. 15.1**.

При воздушном транспортировании материалов по трубопроводам потери на трение и местные сопротивления по сравнению с потерями при перемещении чистого воздуха увеличиваются.

Потери давления на горизонтальных участках воздуховода определяют из выражения

$$p_{\text{см}} = p(1+k\mu) \quad (15.2)$$

где p — потери давления в сети, Па, при перемещении чистого воздуха $t_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$; k - коэффициент, определяемый опытным путем; μ — массовая концентрация транспортируемой смеси, кг/кг.

Таблица 15.1. Скорость воздушного потока в воздуховодах пневматического транспорта, м/с

Транспортируемый материал или отходы	На участках		Транспортируемый материал или отходы	На участках	
	вертикальных	горизонтальных		вертикальных	горизонтальных
Песок, молотая глина	11	13	Легкая минеральная пыль	12	14
Наждачная минеральная пыль (карбид кремния, корунд)	14	16	Опилки и стружки	12	14
			Крупная влажная стружка	18	20

Потери давления $p_{\text{см}}$, Па, на вертикальных участках подсчитывают по формуле

$$p_{\text{см}} = p(1+k\mu)+lv \quad (15.3)$$

где l — длина вертикального участка воздуховода, м; v — объемная концентрация смеси, равная отношению массы механических примесей к объему чистого воздуха, кг/м³.

Для сухого песка, молотой глины $k=0,6$ (при плотности $\rho=2400—2600$ кг/м³); для древесных опилок и стружек $k = 1,4$ (при плотности $\rho=250—300$ кг/м³).

Для транспортирования пыльного воздуха рекомендуются следующие минимально допустимые диаметры воздуховодов, мм:

мелкая сухая и зернистая пыль	80
средняя волокнистая пыль (опилки, мелкая стружка, волокна хлопка, шерсть и т. п.).....	100
крупная стружка.....	130
щепа	150

Расчет пневмотранспортных установок складывается из следующих операций: определение количества транспортируемого материала; определение количества воздуха исходя из массовой концентрации смеси и скорости движения воздуха по данным **табл. 15.1** (или путем расчета); подбор диаметров воздухопроводов с учетом потери давления на отдельных участках и ответвлениях.

Более подробные сведения о расчете воздухопроводов и оборудования для разных случаев применения пневматического транспорта приводятся в специальной литературе.

Контрольные вопросы:

1. Понятие о скорости витания и рабочей скорости движения транспортируемого материала?
2. Как определяется приближенное значение скорости витания для шарообразных частиц?
3. Как определяется потери давления на горизонтальных участках воздуховода?
4. Как определяется потери давления, на вертикальных участках воздуховода?

Литература

1. Соловьев Н.В., Стрельчук П.И., Ермилов П.И., Канер Б.Л. «Охрана труда в химической промышленности» М; 1969, 528 с.
2. Кушелев В.П., Орлов Г.Г., Сорокин Ю.Г. «Охрана труда нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности», Москва: «Химия», 1983, 472 с.
3. Батулин В.В. Основы промышленной вентиляции. М., Профиздат, 1964. 608с.
4. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Изд. 2-е. Л., Стройиздат, 1975, 236с.
5. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е. М., Высшая школа, 1979.224с.

Список рекомендуемой литературы

1. Соловьев Н.В., Стрельчук П.И., Ермилов П.И., Канер Б.Л. «Охрана труда в химической промышленности» М; 1969, 528 с.
2. Кушелев В.П., Орлов Г.Г., Сорокин Ю.Г. «Охрана труда нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности», Москва: «Химия», 1983, 472 с.
3. Батулин В.В. Основы промышленной вентиляции. М., Профиздат, 1964. 608с.
4. Гусев В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Изд. 2-е. Л., Стройиздат, 1975, 236с.
5. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. Изд. 7-е. М., Высшая школа, 1979.224с.
6. Отопление и вентиляция, часть II. «Вентиляция»/Под.ред. В.Н. Богославского. Учебник для вузов. М., Стройиздат, 1976. 440с.
7. Эльтерман В.М., Вентиляция в химических производствах, 1965.
8. Каменев П.Н., Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1964.
9. Репин Н.Н., Отопление и вентиляция, № 4 – 6 (1938).
10. Батулин В.В., Эльтерман В.М., Аэрация промышленных зданий, Госстройиздат, 1963.
11. Романенко П.Н., Ройтман М.Я., Пожарная профилактика отопительно-вентиляционных систем, Стройиздат, 1964
12. Ужов В.Н., Очистка отходящих промышленных газов. Госхимиздат, 1959.
13. Рязанов В.А., Санитарная охрана атмосферного воздуха, Медгиз, 1954.
14. Андреев П.И., Рассеяние в воздухе газов выбрасываемых промышленными предприятиями, Госстройиздат, 1952.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Практическая работа №1 Приборы для измерения термовлажных параметров воздуха.....	4
2. Практическая работа №2 Расчетные параметры наружного воздуха.....	7
3. Практическая работа №3 Воздухопроницаемость ограждающей конструкций и ее влияние на воздушно-тепловой и влажностный режимы помещения.....	10
4. Практическая работа №4 Воздухопроницаемость ограждающей конструкции.....	12
5. Практическая работа №5 Влажность воздуха в помещении и ее влияние на воздушно-тепловой режим помещения.....	14
6. Практическая работа №6 Методика проверки отсутствия накопления влаги расчетным путем.....	16
7. Практическая работа №7 Летний тепловой режим помещения.....	17
8. Практическая работа №8 Воздухообмен в помещении. Выбор расчетного воздухообмена.....	19
9. Практическая работа №9 Определение естественного давления и расчет воздухопроводов.....	21
10. Практическая работа №10 Дефлекторы.....	23
11. Практическая работа №11 Системы аэрации промышленного здания.....	25
12. Практическая работа №12 Аэрация с использованием ветрового давления.....	27
13. Практическая работа №13 Виды и подбор вентилятора.....	29
14. Практическая работа №14 Устройство и расчет калориферной установки.....	33
15. Практическая работа №15 Расчет систем пневматического транспорта.....	36
Список рекомендуемой литературы.....	39

Формат 60x84 1/12
Объем 43 стр. 3,6 печатный лист
Тираж 20 экз.,
Отпечатано
в редакционно-издательском отделе
КГУТиИ им. Ш Есенова
г.Актау, 32 мкр.