



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Практикум по дисциплине

«Вентиляция»

для бакалавров направления подготовки
08.03.01 «Строительство» профиля
подготовки «Теплогазоснабжение и
вентиляция»
Часть 2

Авторы
Глазунова Е.К.,
Галкина Н.И.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Практикум предназначен для бакалавров направления подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция».

По темам практических занятий изучаемой дисциплины приводится краткая теоретическая часть, дающая определения основных понятий, основные формулы, пояснения к ним, задачи с примерами решений. Имеются приложения с данными из нормативной и справочной литературы, необходимыми для решения задач.

Авторы

к.т.н., доцент кафедры «ТиВ» Глазунова Е.К.,
к.т.н., доцент кафедры «ТиВ» Галкина Н.И.



Оглавление

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Определение воздухообменов в вентилируемых помещениях. Общие положения..... | 4 |
| 2 | Параметры воздуха в вентиляционном процессе | 4 |
| | 2.1 Температура приточного воздуха | 4 |
| | 2.2 Температура воздуха, удаляемого из верхней зоны (t _{yx}) | 5 |
| | 2.3 Остальные параметры воздуха, участвующего в воздухообмене | 9 |
| 3 | Расчет воздухообменов общеобменной вентиляции | 10 |
| | 3.1 Определение воздухообмена по нормативной кратности..... | 21 |
| | 3.2 Определение воздухообмена по санитарной норме .. | 22 |
| | 3.3 Выбор расчетного воздухообмена | 22 |
| | Список использованных источников | 32 |
| | Приложение А..... | 33 |
| | Приложение Б..... | 34 |

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНОВ В ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Приступая к расчету воздухообмена, а значит и производительности систем общеобменной вентиляции, необходимо решить вопрос о схеме организации воздухообмена: зоны подачи приточного воздуха и размещения вытяжных отверстий (рабочая зона, верхняя). Общие принципы организации воздухообменов в зданиях и помещениях различного назначения изложены в [1,6].

2 ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХА В ВЕНТИЛЯЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ

Воздухообмен в большой степени определяется выбором параметров воздуха (наружного, в рабочей зоне помещения, приточного и удаляемого из помещения). Выбор расчетных параметров **наружного воздуха** при проектировании систем вентиляции производится по [2] в соответствии с указаниями [1] и изложен в первой части практикума по вентиляции [6].

2.1 Температура приточного воздуха

Температура приточного воздуха $t_{пр}$ зависит от периода года, способа подачи, температуры воздуха в рабочей зоне и устанавливается расчётом приточных струй.

В соответствии с требованиями [1], необходимо, чтобы в струе приточного воздуха при входе её в обслуживаемую или рабочую зону (на рабочих местах) максимальная температура t_x при восполнении недостатков теплоты определялась по формуле

$$t_x = t_{p.з.} + \Delta t_1 \quad (2.1)$$

а минимальная температура при ассимиляции теплоизбытков рассчитывалась по формуле

$$t_x = t_{p.з.} - \Delta t_2, \quad (2.2)$$

где $t_{p.з.}$ — нормируемая температура рабочей зоны,
 $\Delta t_1, \Delta t_2$ — допустимые отклонения температуры воздуха в

струе от нормируемой в рабочей зоне, принимаемые по [1, приложение В], (приложение А).

В **теплый период** года температура приточного воздуха принимается равной температуре наружного воздуха (параметры А).

2.2 Температура воздуха, удаляемого из верхней зоны (t_{yx})

Температура воздуха в верхней зоне зависит от многих факторов – высоты и теплонапряжённости помещения, расположения технологического оборудования, способа подачи и удаления воздуха и др. и определяется по одной из формул:

$$t_{yx} = t_{np} + \frac{t_{p.з.} - t_{np}}{m} \quad (2.3)$$

$$t_{yx} = t_{p.з.} + \beta \cdot (h - 2) \quad (2.4)$$

$$t_{yx} = t_{np} + k_t \cdot (t_{p.з.} - t_{np}), \quad (2.5)$$

где m – коэффициент теплораспределения, учитывающий долю избыточной теплоты, которая воздействует на температуру воздуха в рабочей зоне помещения. Принимается постоянным для всех периодов года. Экспериментальные значения приводятся в справочной литературе (таблица 2.1) для различных цехов для схемы подачи снизу-вверх. Коэффициент m при подаче воздуха в верхнюю зону принимается для всех цехов равным 0,8;

β – температурный градиент, $^{\circ}\text{C}/\text{м}$, учитывающий повышение температуры воздуха по высоте на каждый метр выше рабочей зоны, зависящий от тепловой напряженности помещения $q_{уд}$, $\text{Вт}/\text{м}^3$, определяемой по формуле (таблица 2.2);

$$q_{уд} = \frac{Q_{изб.я}}{V}, \quad (2.6)$$

где $Q_{изб.я}$ – избыточный явный тепловой поток в помещении, Вт;

V – объем помещения, м^3 .

При $q_{уд} < 11,5 \text{ Вт}/\text{м}^3$ $\beta = 0-0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{м}$;

$q_{уд} = 11,5-23 \text{ Вт}/\text{м}^3$ $\beta = 0,3-1,2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{м}$;

Вентиляция. Часть 2

$$q_{уд} > 23 \text{ Вт/м}^3 \quad \beta = 0,8 - 1,5 \text{ } ^\circ\text{C/м};$$

Для производственных помещений величина может быть определена по таблице 2.2;

h – высота помещения, м;

k_t – коэффициент воздухообмена, зависящий от схемы воздухораспределения (таблица 2.3, 2.4)

Таблица 2.1 – Коэффициент теплораспределения m

| №№ п/п | Помещения | Коэффициент m |
|--------|--|-----------------|
| 1 | Плавильные цехи: | |
| | – печные пролеты | 0,5 |
| | – разливочные пролеты | 0,4 |
| | – отделение плавки | 0,3 |
| 2 | Химические заводы: | |
| | – насосные и компрессорные | 0,8 |
| | – печные отделения | 0,5-0,6 |
| | – серноокислые цехи | 0,4 |
| | – стеклоплавильные цехи | 0,6 |
| | – цехи травления и металлопокрытий | 0,5 |
| | – реакторные отделения | 0,35 |
| 3 | Электромеханические заводы | 0,6 |
| 4 | Прокатные цехи: | |
| | – машинные залы станов | 0,6 |
| | – помещение нагревательных печей | 0,5 |
| 5 | Ремонтно-строительные цехи: | |
| | – станочно-заготовительные и сборочные отделения | 0,6 |
| | – заточные отделения, остывочные помещения | 0,5 |
| 6 | Чугунолитейные цехи | 0,5 |
| 7 | Цехи литья по выплавляемым моделям: | |
| | – отделения приготовления моделей | 0,6 |
| | – отделения выплавки моделей | 0,5 |
| 8 | Цехи сварных конструкций: | |
| | – заготовительное и механическое отделения | 0,7 |
| | – сборочно-сварочные отделения | 0,6 |
| 9 | Пищевые предприятия: | |
| | –пекарные залы хлебозаводов | 0,6 |
| | –варочные отделения | 0,6 |
| 10 | Механосборочные цехи | 0,7 |
| 11 | Термические цехи | 0,45 |
| 12 | Кузнечные и кузнечно-прессовые цехи | 0,4 |
| 13 | Смешанные литейные цехи | 0,4 |
| 14 | Стале- и меднолитейные цехи | 0,5 |
| 15 | Механические и механосборочные цехи | 0,7 |

Таблица 2.2 – Температурный градиент β для производственных зданий

| Тепловое напряжение, Вт/м ³ | Расчетные значения температурного градиента β для производственных зданий при высоте помещения h , м | | | | | | | | | |
|--|--|-----|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 23 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,35 | 0,5 | 0,3 |
| 46 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,35 |
| 70 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| 93 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| 116 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,65 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,35 |
| 174 | 0,65 | 0,6 | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,5 | 0,45 | 0,4 | 0,4 | 0,35 |

Для помещений со значительными теплоизбытками явной теплоты, в которых циркуляция определяется конвективными потоками и организацией воздухообмена снизу – вверх, значения коэффициента k_t приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Коэффициент k_t для помещений со значительными теплоизбытками.

| Помещение | k_t |
|---|-------|
| Кузнечно-прессовые цехи, печные пролеты сталеплавильных. Рельсoproкатных цехов, эмалирования, корпуса нагревательных колодцев, блюминги, склады заготовок | 2,0 |
| Цехи: | |
| – термические | 1,9 |
| – сушильные | 1,8 |
| – литейные | 1,7 |
| – доменные и кузнечные | 1,6 |
| – прокатные | 1,5 |
| – электролизные, машинные и компрессорные залы | 1,4 |
| – вулканизации и производства изделий из пластмасс | 1,3 |

Значения коэффициентов k_t , приведенные в таблице 2.4, относятся к цехам, в которых циркуляция воздуха обусловлена только действием приточных струй (основные цехи радиотехнической и электронной промышленности, сборочно-сварочные, заготовительно-штамповочные).

Вентиляция. Часть 2

 Таблица 2.4 – Коэффициент k_t для цехов с циркуляцией воздуха, обусловленной только действием приточных струй

| Способ подачи воздуха | Место удаления воздуха общеобменной вентиляцией | Доля тепловыделений в рабочую зону $q_{р.з.}$ | k_t |
|--|---|--|-------|
| Непосредственно в рабочую зону | Из верхней зоны | 1 | 1 |
| | | 0,7 | 1,4 |
| | | 0,5 | 2 |
| Наклонными струями в направлении рабочей зоны с высоты 4 м от пола | То же | 1 | 1 |
| | | 0,7 | 1,2 |
| | | 0,5 | 1,3 |
| То же, более 4 м от пола | То же | 1 | 1 |
| | | 0,7 | 1 |
| | | 0,5 | 1,2 |
| Выше рабочей зоны: – настилающимися и ненастилающимися струями; | Вне зоны непосредственного воздействия струи | 1 | 1,1 |
| | | 0,7 | 1,15 |
| | | 0,5 | 1,2 |
| – плоскими или компактными и веерными струями; | В зоне непосредственного воздействия струи | 1 | 0,9 |
| | | 0,5 | 0,85 |
| – настилающимися струями; | То же при $h / F_{стр.}$: | | |
| | | 10 | 0,8 |
| | | 20 | 0,9 |
| | 30 | 0,95 | |
| – ненастилающимися струями | Из верхней зоны | 1 | 0,85 |
| | | 0,7 | 0,95 |
| | | 0,5 | 1 |

Примечания:

1. $q_{р.з.} = Q_{р.з.} / Q$, где $Q_{р.з.}$ – количество теплоты, поступающей в рабочую зону; $Q = Q_{р.з.} + Q_{в.з.}$; $Q_{в.з.}$ – количество теплоты, поступающей в верхнюю зону.

2. h – расстояние по горизонтали от всасывающего отверстия до выпуска струи, м; $F_{стр.}$ – площадь струи на входе в рабочую зону, м².

2.3 Остальные параметры воздуха, участвующего в воздухообмене

Остальные параметры воздуха, участвующего в воздухообмене можно найти расчетным путем или по i - d - диаграмме [7].

3 РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНОВ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

В соответствии с [1, приложение И] расход приточного воздуха L , м³/ч, для системы вентиляции и кондиционирования следует определять расчетом и принимать больший из расходов, требуемых для обеспечения:

- а) санитарно-гигиенических норм в соответствии с формулой (3.1);
- б) норм взрывопожарной безопасности в соответствии с формулой (3.2);
- в) условий, исключающих образование конденсата, в соответствии с формулой (3.3).

Расход воздуха следует определять отдельно для теплого и холодного периодов года и переходных условий из условия ассимиляции тепло- и влаговывделений и по массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ, принимая большую из величин, полученных по формулам (3.1) – (3.7) (при плотности приточного и удаляемого воздуха, равной 1,2 кг/м³):

- а) по избыткам явной теплоты при значении углового коэффициента луча процесса в помещении $\varepsilon \geq 40000$ кДж/кг

$$L = L_{p.z.} + \frac{3,6Q_{изб.я.} - cL_{p.z.}(t_{p.z.} - t_{пр.})}{c(t_{ух.} - t_{пр.})} \quad (3.1)$$

Для помещений с тепло- и влаговывделениями при значении углового коэффициента луча процесса в помещении $\varepsilon < 40000$ кДж/кг расход воздуха следует определять по формуле (3.3) или (3.4).

Тепловой поток, поступающий в помещение от прямой и рассеянной солнечной радиации, следует учитывать при устройстве:

- вентиляции, в том числе с испарительным охлаждением воздуха, – для теплого периода года;
- кондиционирования – для теплого и холодного периодов года и для переходных условий;

- б) по массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ

$$L = L_{p.z.} + \frac{Z - L_{p.z.}(z_{p.z.} - z_{пр.})}{(z_{ух.} - z_{пр.})} \quad (3.2)$$

Вентиляция. Часть 2

При одновременном выделении в помещение нескольких вредных веществ, обладающих эффектом суммации действия, воздухообмен следует определять, суммируя расходы воздуха, рассчитанные по каждому из этих веществ:

а) по избыткам влаги (водяного пара)

$$L = L_{p.z.} + \frac{W - 1,2L_{p.z.}(d_{p.z.} - d_{пp.})}{1,2(d_{yx.} - d_{пp.})} \quad (3.3)$$

Для помещений с избытком влаги следует проверять достаточность воздухообмена для предупреждения образования конденсата на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций при расчетных параметрах Б наружного воздуха в холодный период года:

б) по избыткам полной теплоты

$$L = L_{p.z.} + \frac{3,6Q_{полн.} - 1,2L_{p.z.}(i_{p.z.} - i_{пp.})}{1,2(i_{yx.} - i_{пp.})} \quad (3.4)$$

в) по нормируемой кратности воздухообмена

$$L = k \cdot V \quad (3.5)$$

г) по нормируемому удельному расходу приточного воздуха:

$$L = n \times A \quad (3.6)$$

$$L = m \times N \quad (3.7)$$

В формулах (3.1) – (3.7):

$L_{p.z.}$ – расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, $m^3/ч$;

$Q_{изб.я.}$, $Q_{изб.полн.}$ – избыточный явный и полный тепловой потоки в помещении, ассимилируемые воздухом центральных систем вентиляции и кондиционирования, Вт; (для перевода теплоизбытков в $кДж/ч$ теплоизбытки в Вт умножают на 3,6);

c – теплоемкость воздуха, равная $1,006 \text{ кДж}/(кг \cdot ^\circ C)$;

$t_{p.z.}$ – температура воздуха, удаляемого системами местных отсосов в обслуживаемой или рабочей зоне помещения, и на технологические нужды, $^\circ C$;

Вентиляция. Часть 2

$t_{ух}$ – температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, °С;

$t_{пр}$ – температура воздуха, подаваемого в помещение, °С

W – избытки влаги в помещении, ассимилируемые воздухом центральных систем вентиляции и кондиционирования, г/ч;

$d_{р.з.}$ – влагосодержание воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, г/кг;

$d_{ух}$ – влагосодержание воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, г/кг;

$d_{пр.}$ – влагосодержание воздуха, подаваемого в помещение, г/кг;

$i_{р.з.}$ – удельная энтальпия воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, кДж/кг;

$i_{ух}$ – удельная энтальпия воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, кДж/кг;

$i_{пр.}$ – удельная энтальпия воздуха, подаваемого в помещение, кДж/кг, определяемая с учетом повышения температуры в соответствии с (3.9) – (3.13);

Z – расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч;

$Z_{р.з.}$, $Z_{ух}$ – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом соответственно из обслуживаемой или рабочей зоны помещения и за их пределами, мг/м³;

$Z_{пр.}$ – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, мг/м³;

V – объем помещения, м³; для помещений высотой 6 м и более следует принимать

$$V=6 \cdot A, \quad (3.8)$$

где A – площадь помещения, м²;

k – нормируемая кратность воздухообмена, ч⁻¹;

N – число людей (посетителей), рабочих мест, единиц оборудования;

N – нормируемый расход приточного воздуха на 1 м² пола помещения, м³/(ч·м²);

m – нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 чел., м³/ч, на одно рабочее место, на одного посетителя или единицу оборудования.

Параметры воздуха $t_{р.з.}$, $d_{р.з.}$, $i_{р.з.}$ следует принимать равны-

Вентиляция. Часть 2

ми расчетным параметрам в обслуживаемой или рабочей зоне помещения, а $z_{p.з}$ – равным ПДК в рабочей зоне помещения.

Расход воздуха для обеспечения норм взрывопожарной безопасности следует определять по формуле (3.2).

При этом в формуле (3.2) $z_{p.з}$ и z_{yx} следует заменить на $0,1 z_g$, мг/м³ (где z_g ,- нижний концентрационный предел распространения пламени по газо-, паро- и пылевоздушной смесям).

Температуру приточного воздуха, подаваемого системами вентиляции с искусственным побуждением и кондиционирования воздуха, $t_{пр}$, °С, следует определять по формулам:

а) при необработанном наружном воздухе

$$t_{пр.} = t_n + 0,001p \quad (3.9)$$

б) при наружном воздухе, охлажденном циркулирующей водой по адиабатному циклу, снижающей его температуру на Δt_1 , °С

$$t_{пр.} = t_n - \Delta t_1 + 0,001p \quad (3.10)$$

в) при необработанном наружном воздухе и местном доувлажнении воздуха в помещении, снижающем его температуру на Δt_2 , °С

$$t_{пр.} = t_n - \Delta t_2 + 0,001p \quad (3.11)$$

г) при наружном воздухе, охлажденном циркулирующей водой и местном доувлажнении

$$t_{пр.} = t_n - \Delta t_1 - \Delta t_2 + 0,001p \quad (3.12)$$

д) при наружном воздухе, нагретом в воздухонагревателе, повышающем его температуру на Δt_3 , °С

$$t_{пр.} = t_n + \Delta t_3 + 0,001p \quad (3.13)$$

где p – полное давление вентилятора, Па;
 t_n – температура наружного воздуха, °С.

Расчет воздухообмена в помещении с местной вытяжной вентиляцией – «один приток–две вытяжки»

Пример

Рассчитать воздухообмен в кузнечном цехе. Расчетная температура наружного воздуха в районе строительства в теплый период $t_{н} = +25^{\circ}\text{C}$, в холодный период $t_{н} = -18^{\circ}\text{C}$. Расчетная температура воздуха в рабочей зоне в теплый период $t_{р.з.} = +28^{\circ}\text{C}$, в холодный период $t_{р.з.} = +15^{\circ}\text{C}$. Площадь цеха 42×24 м, высота 10 м. Тепловыделения от технологического оборудования составляют $Q_{об.} = 174000$ Вт. Теплота, вносимая солнечной радиацией $Q_{с.р.} = 29000$ Вт. Потери теплоты через ограждающие конструкции, включая инфильтрацию, в холодный период $Q_{т.п.} = 290000$ Вт. Объем воздуха, удаляемого местными отсосами $L_{м.о.} = 15000$ м³/ч.

Теплый период.

По формуле (2.3) определяем температуру воздуха, удаляемого из верхней зоны помещения, принимая по таблице 1.1

$$t_{yx.} = 25 + \frac{28 - 25}{0,4} = 32,5,$$

где $m = 0,4$ (по таблице 2.1);

$$t_{пр.} = t_{н} = 25^{\circ}\text{C}.$$

Расход воздуха из условия ассимиляции избыточной теплоты $G_{явн.}$, кг/ч, по формуле (3.1) составит

$$G_{явн.} = L_{м.о.} \cdot \rho + \frac{3,6Q_{изб.я.} - c \cdot L_{м.о.} \cdot \rho(t_{р.з.} - t_{пр.})}{c(t_{yx.} - t_{пр.})}$$

$$G_{явн.} = 15000 \cdot 1,172 + \frac{3,6(174000 + 290000) - 15000 \cdot 1,172 \cdot 1,005 \cdot (28 - 25)}{1,005(32,5 - 25)} = 107500$$

Количество приточного воздуха, подаваемого в помещении, $G_{пр.}$, кг/ч, составит

$$G_{пр.} = G_{явн.} + G_{м.о.}; G_{пр.} = 107500 + 15000 \cdot 1,172 = 125100$$

Холодный период

Т.к. суммарные теплотери превышают теплопритоки $Q_{т.п.} > Q_{об.}$, искомой величиной будет температура приточного воздуха. Дополнительно к местной вытяжной вентиляции предусматривается общеобменная вытяжка из верхней зоны $L_{в.з.}$, м³/ч, минимальном объеме из расчета 6 м³/ч на 1 м² площади помещения,

Вентиляция. Часть 2

т.е. $L_{в.з.} = 42 \cdot 24 \cdot 6 \approx 6000$. Температуру удаляемого из верхней зоны воздуха примем на 3°C выше температуры рабочей зоны, т.е. $t_{yx} = t_{p.з} + 3$;

$$t_{yx} = 15 + 3 = 18; \rho_{yx} = 1,213 \text{ кг/м}^3 .$$

Количество теплоты, удаляемой местными отсосами $Q_{м.о.}$, кДж/ч:

$$Q_{м.о.} = L_{м.о.} \cdot c \cdot \rho_{p.з.} \cdot t_{p.з.}; Q_{м.о.} = 15000 \cdot 1,005 \cdot 1,225 \cdot 15 = 277000$$

Количество теплоты, удаляемой из верхней зоны $Q_{в.з.}$, кДж/ч:

$$Q_{в.з.} = L_{в.з.} \cdot c \cdot \rho_{yx.} \cdot t_{yx.}; Q_{в.з.} = 6000 \cdot 1,005 \cdot 1,213 \cdot 18 = 131660$$

Потери теплоты через ограждающие конструкции, включая инфильтрацию, в холодный период $Q_{т.п.} = 290000$ Вт; В кДж/ч теплотопотери составят $29000 \cdot 3,6 = 1044000$.

Итого, общий **расход теплоты** (теплотопотери) $Q_{пот.общ.}$, кДж/ч:

$$Q_{пот.общ.} = 277000 + 131660 + 1044000 = 1452660$$

Для определения требуемой производительности систем общеобменной вентиляции составляют уравнение баланса по воздуху и по соответствующей вредности, в данном случае по теплоте.

Баланс по воздуху

Баланс по воздуху предполагает равенство между количеством удаляемого из помещения воздуха L_{yx} и подаваемого в помещение приточного воздуха $L_{пр.}$. В данном случае приточный воздух $L_{пр.}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, должен компенсировать количество воздуха, удаляемого местными отсосами и воздух, удаляемый из верхней зоны, т.е.

$$L_{пр.} = L_{м.о.} + L_{в.з.}; L_{пр.} = 15000 + 6000 = 21000$$

Баланс по теплоте

Расход теплоты в помещении частично компенсируется тепловыделениями от оборудования $Q_{об.} = 174000$ Вт = 626400 кДж/ч. Остальная теплота $Q_{пр.}$, кДж/ч, должна быть подана в помещение

с приточным воздухом:

$Q_{пр.} = L_{пр} \cdot C \cdot \rho_{пр.} \cdot t_{пр.}$; Можно записать: $Q_{пр.} = 21000 \cdot 1,005 \cdot \rho_{пр.} \cdot t_{пр.}$

Итого, общий теплоприток в помещение $Q_{пр..общ.}$, кДж/ч, должен составить:

$$Q_{пр..общ.} = 626400 + 21000 \cdot 1,005 \cdot \rho_{пр.} \cdot t_{пр.}$$

Составив уравнение баланса по теплоте и решив его относительно $t_{пр.}$ (примем $\rho_{пр.} \approx 1,2 \text{ кг/м}^3$), получим:

$$626400 + 21000 \cdot 1,005 \cdot 1,2 \cdot t_{пр.} = 1452660; \text{ отсюда}$$

$$t_{пр.} = \frac{1452660 - 626400}{21000 \cdot 1,005 \cdot 1,2} = 32,6$$

Приточный воздух подается механической приточной системой с подогревом до $32,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Производительность приточной системы $21000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Удаление воздуха производится местными отсосами от оборудования и естественным путем через фонарь благодаря подпору, создаваемому приточной установкой.

Расчет воздухообмена в помещении в случае – «один приток–одна вытяжка»

Пример [5].

Рассчитать воздухообмен по избыткам явной и полной теплоты и влаги в помещении зала для обслуживания населения общественного здания. Размер помещения $18,29 \text{ м}^2$ (площадь пола) x $3,3 \text{ м}$ (высота помещения)

Теплый период:

- расчетная температура наружного воздуха (параметры А) $t_n = 28,6^\circ\text{C}$
- температура воздуха в рабочей зоне $t_{р.з.} = 31,6 \text{ }^\circ\text{C}$;
- теплопоступления в помещение от людей явные $Q_{л..я.} = 215,5 \text{ Вт}$, полные $Q_{л..п.} = 1073 \text{ Вт}$;
- теплопоступления от солнечной радиации $Q_{с.р.} = 226 \text{ Вт}$;
- влаговыделения $W = 1,2 \text{ кг/ч}$;
- газовыделения $G = 185 \text{ л/ч}$.

Холодный период:

- температура воздуха в рабочей зоне $t_{р.з.} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- расчетная температура наружного воздуха $t_n = 28,6^\circ\text{C}$;
- теплопоступления в помещение от людей явные $Q_{л..я.} = 732,6 \text{ Вт}$, полные $Q_{л..п.} = 1117,4 \text{ Вт}$;
- теплопоступления от искусственного освещения $Q_{осв..} =$

107,4 Вт;

- теплопоступления от системы отопления $Q_{от.} = 814$ Вт;
- влаговыделения $W = 0,55$ кг/ч;
- газовыделения $G = 185$ л/ч;
- теплотери помещения $Q_{пот} = 960,5$ Вт.

Переходный период:

- теплопоступления в помещение от людей явные $Q_{изб.я.} = 801$ Вт, полные $Q_{изб.п.} = 1135$ Вт;
- теплопоступления от солнечной радиации $Q_{с.р.} = 226$ Вт;
- влаговыделения $W = 0,5$ кг/ч;
- газовыделения $G = 185$ л/ч.
- теплотери помещения $Q_{пот} = 197$ Вт

Определяем избытки теплоты в помещении.

Теплый период $Q_{изб.я.} = 215,5 + 226 = 441,5$;

$Q_{изб.полн.} = 1073 + 226 = 1299$

Холодный период $Q_{изб.я.} = 732,6 + 107,4 + 814,4 - 960,5 = 693,5$;

$Q_{изб.полн.} = 1117,4 + 107,4 + 814,4 - 960,5 = 1078,7$

Переходный период $Q_{изб.я.} = 801 + 226 - 197 = 830$

$Q_{изб.полн.} = 1135 + 226 = 1361$

Требуемый воздухообмен по избыткам явной теплоты ($Q_{изб.я.}$, Вт) находят, решая систему двух уравнений: баланса помещения по явной теплоте и баланса по воздуху. Т.к. в помещении имеется «один приток – одна вытяжка», формула (3.1) примет вид

$$G_{пр.} = G_{ух.} = \frac{3,6 \cdot Q_{изб.я.}}{c_B \cdot (t_{ух.} - t_{пр.})}$$

Теплый период

Тепловая напряженность помещения $q = \frac{441}{18,29 \cdot 3,3} = 7,3$

Температуру воздуха, удаляемого из верхней зоны, определяют по формуле (2.4), принимая величину $\beta = 0,135$ (при $q_{уд} < 11,5$ Вт/м³ $\beta = 0-0,5$ °С/м);

$t_{ух.} = 31,6 + 0,135(3,3 - 2)$; $t_{ух.} = 31,78$ °С.

Температуру приточного воздуха принимаем равной расчетной температуре наружного воздуха (параметры А), учитывая ее повышение на 0,5°С в вентиляторе и воздуховодах $t_{пр} = 28,6 + 0,5 = 29,1$ °С

$$G_{np.} = G_{yx.} = \frac{3,6 \cdot 441,5}{1,005 \cdot (31,78 - 29,1)} \approx 590 \text{ кг/ч.}$$

Холодный период

Тепловая напряженность помещения $q = \frac{693,5}{18,29 \cdot 3,3} = 11,4$

Температуру воздуха, удаляемого из верхней зоны, определяют по формуле (2.4), принимая величину $\beta=1,1$ (при $q_{уд} < 11,5$ Вт/м³ $\beta=0-0,5$ °С/м);

$$t_{yx.} = 20 + 1,1(3,3-2); t_{yx.} = 21,43 \text{ °С.}$$

Температуру приточного воздуха принимаем $t_{np} = 16^{\circ}\text{С}$.

$$G_{np.} = G_{yx.} = \frac{3,6 \cdot 693,5}{1,005 \cdot (21,43 - 16)} \approx 458 \text{ кг/ч.}$$

Переходный период

$$t_{yx.} = 18 + 0,94(3,3-2); t_{yx.} = 19,3^{\circ}\text{С;}$$

$$t_{np} = t_n + 0,5; t_{np} = 10 + 0,5 = 10,5$$

$$G_{np.} = G_{yx.} = \frac{3,6 \cdot 830}{1,005 \cdot (19,3 - 10,5)} \approx 338$$

Принимаем максимальное из полученных значение воздухообмена, т.е. для теплого периода $G_p = G_{np.} = G_{yx.} = 590$ кг/ч.

Уточняем температуры приточного воздуха t_{np} в холодный период и в переходный период.

Холодный период

$$t_{np} = t_{yx} - \frac{3,6 \cdot Q_{изб.я.}}{G_p \cdot c} = 21,43 - \frac{3,6 \cdot 693,5}{590 \cdot 1,005} \approx 17,2$$

Переходный период

$$t_{np} = t_{yx} - \frac{3,6 \cdot Q_{изб.я.}}{G_p \cdot c} = 19,3 - \frac{3,6 \cdot 830}{590 \cdot 1,005} \approx 14,3$$

Т.к. температура притока в переходный период получилась

равной 14,3 °С, что выше наружной температуры, равной 10 °С, то это говорит о том, что нельзя в переходный период подавать наружный воздух без подогрева, необходимо продолжать подогреть до 14,3 °С.

После построения процессов изменения состояния воздуха в помещении на I-d-диаграмме можно проверить расчет воздухообмена по избыткам полной теплоты и влаговыделениям. Проверку проводим для условий теплого периода, поскольку именно по этому периоду был принят расчетный воздухообмен.

Расчетный воздухообмен по влаговыделениям $G_{p.}$, кг/ч, по формуле (3.3) составляет

$$G_p = G_{np.} = G_{yx.} = \frac{W}{d_{yx.} - d_{np.}} \cdot 10^3 = \frac{1,2}{14,25 - 12,35} \cdot 10^3 = 632$$

Расчетный воздухообмен по полной теплоте $G_{p.}$, кг/ч, по формуле (3.4) составляет

$$G_p. = G_{np.} = G_{yx.} = \frac{3,6 \cdot Q_{изб.полн.}}{I_{yx} - I_{np.}} = \frac{3,6 \cdot 1299}{68,8 - 60,0} = 531$$

Значения $I_n = 60,0$ кДж/кг и $d_n = 12,35$ г/кг определяются с помощью I-d-диаграммы для точки, лежащей на 0,5°С выше точки, соответствующей параметрам «А» в теплый период для рассматриваемого района, а $I_y = 68,3$ кДж/кг и $d_y = 14,25$ г/кг – опять-таки графически после построения процесса изменения состояния воздуха в помещении на I-d-диаграмме для теплого периода. При этом используется значение углового коэффициента луча процесса

$$\varepsilon_{ном} = \frac{3,6 \cdot Q_{изб.полн.}}{W} \quad \varepsilon_{ном} = \frac{3,6 \cdot 1299}{1,2} = 3900 \text{ кДж/кг.}$$

Таким образом, отклонение воздухообмена, вычисленного по влаге, от определенного по явной теплоте, составляет $\frac{632 - 590}{590} \cdot 100\% = 7,1\%$, а при вычислениях по полной теплоте

$\frac{531-590}{590} \cdot 100\% = -10\%$, что находится в допустимых пределах.

Вычисляем объемный расход воздуха и фактическую кратность воздухообмена, принимая температуры притока и уходящего воздуха наибольшими из всех расчетных периодов, т.е. в данном случае по теплому периоду.

$$\rho_{np} = \frac{353}{t_{np} + 273} = \frac{353}{29,1 + 273} = 1,17 \text{ кг/м}^3;$$

$$L_{p,np.} = \frac{G_{p.}}{\rho_{np}} = \frac{590}{1,17} \approx 504 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\rho_{yx} = \frac{353}{t_{yx} + 273} = \frac{353}{31,78 + 273} = 1,16 \text{ кг/м}^3;$$

$$L_{p,yx.} = \frac{G_{p.}}{\rho_{yx.}} = \frac{590}{1,16} \approx 509 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Из формулы (3.5) кратность воздухообмена $k \approx L_p / V$;

По притоку $k=8,3 \text{ ч}^{-1}$; по вытяжке $k \approx 8,3 \text{ ч}^{-1}$

Таким образом, расчет показывает, что объемные расходы притока и вытяжки отличаются незначительно, и этой разницей можно пренебречь.

По формуле (1.7) определяем воздухообмен, необходимый для ассимиляции углекислого газа L_{CO_2} ,

$$L_{CO_2} = \frac{Z_{CO_2}}{c_{пдк} - c_{пр.}} , L_{CO_2} = \frac{185}{1 - 0,5} = 370$$

где $c_{пдк}$ – предельно допустимая концентрация углекислого газа в зале для обслуживания людей $c_{пдк} = 1 \text{ л/м}^3$;

$c_{пр.}$ – концентрация углекислого газа в приточном воздухе.

Для городских условий $c_{пр.} = 0,5 \text{ л/м}^3$.

Так как полученная величина меньше расчетного воздухообмена, поэтому оставляем воздухообмен, вычисленный по избыткам явной теплоты.

3.1 Определение воздухообмена по нормативной кратности

По кратности воздухообмен рассчитывают, как правило, для вспомогательных помещений по формуле (3.5). Кратность воздухообмена k , $ч^{-1}$, показывает, сколько раз в течение часа вентиляционный воздух заменяет полностью весь объем воздуха в помещении. Кратность со знаком «плюс» означает приток воздуха, со знаком «минус» – вытяжку.

Расчет ведется в табличной форме. Пример расчета представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Пример расчета воздухообменов по нормируемой кратности

| № | Помещение | Строительный объем, м ³ | Кратность, 1/ч | | Объем воздуха, м ³ /ч | | Номер установки | |
|----|----------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|---------|-----------------|------|
| | | | притока | вытяжки | притока | вытяжки | | |
| 2 | Вестибюль | 400 | 2 | | 800 | | П2 | |
| 3 | Кассы | 64 | 2 | | 128 | | П2 | |
| 4 | Буфет | 160 | 2 | | 320 | | П2 | |
| 5 | Мастерская | 48 | | 2 | | 96 | | ВЕ5 |
| 6 | Кабинет директора | 48 | 1 | 1 | 48 | 48 | П2 | ВЕ6 |
| 7 | Санузел | 72 | | 100 м ³ на 1 прибор | | 600 | | В7 |
| 9 | Кинопроекционная | 80 | 3 | 3 | 240 | 940 | П2 | В8 |
| 10 | Перемоточная | 24 | 2 | 2 | 48 | 48 | П2 | ВЕ9 |
| 11 | Комната киномеханика | 72 | | 2 | | 144 | | ВЕ10 |
| 12 | Комната персонала | 144 | 1 | 1 | 144 | 144 | П2 | ВЕ11 |
| 13 | Игровой зал | 288 | 2 | 2 | 576 | 576 | П2 | В12 |
| 14 | Коридор | 216 | 2 | | 432 | | П2 | |

3.2 Определение воздухообмена по санитарной норме

Одним из важных показателей воздухообмена в помещении служит санитарная норма, т.е. минимально допустимое количество наружного воздуха, которое нужно подавать в помещение в расчете на одного человека [1,4]. Эта величина зависит от времени пребывания человека в помещении и его физической нагрузки: при временном пребывании человека в помещении норма составляет $20 \text{ м}^3/\text{ч}$, при постоянном пребывании – $60 \text{ м}^3/\text{ч}$, при повышенных физических нагрузках – $80 \text{ м}^3/\text{ч}$ (приложение Б).

Воздухообмен по санитарной норме определяется по формуле (3.7).

3.3 Выбор расчетного воздухообмена

При одновременном выделении в помещение нескольких вредных, не обладающих однонаправленным действием на организм человека, т.е. **разнонаправленные**, определяют величину воздухообмена из условия ассимиляции каждой вредности и в качестве расчетной величины принимают наибольшее значение воздухообмена. При выделении веществ **однонаправленного** действия расчетный воздухообмен получают, суммируя воздухообмены, полученные по формуле (3.2) для каждого вещества.

Пример. Рассчитать воздухообмен для зрительного зала кинотеатра, расположенного в районе с расчетными параметрами наружного воздуха, представленными в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расчетные параметры наружного воздуха

| Расчетный период года | Температура, °С | Теплосодержание, кДж/кг | Скорость воздуха, м/с |
|------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Теплый (параметры А) | 21,4 | 48,4 | 3,5 |
| Холодный (параметры Б) | -26 | - 25,5 (влажность воздуха 81%) | 1 |
| Переходный | 10 | 26,5 | 2,25 |

Расчетная температура внутреннего воздуха:

– в холодный период $t_{в}=16 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

– в теплый период $t_{в}=24,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Зал рассчитан на 350 зрителей
 Высота помещения 8,3 м
 Вид и количество вредных выделений представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Сводная таблица вредных выделений в кинозале

| Расчетный период года | Теплоизбытки, Вт | Влаговыведения, г/ч | Газовыведения, л/ч |
|-----------------------|------------------|---------------------|--------------------|
| Теплый | 24141 | 17080 | 8050 |
| Холодный | 38888 | 11200 | 8050 |
| Переходный | 38888 | 11200 | 8050 |

Воздухообмен в помещении – «один приток–одна вытяжка». Схема организации воздухообмена «сверху-вверх».

Расчет производится последовательно для каждого вида выделяющихся вредностей (теплота, влага, CO₂) по трем периодам года (холодный, переходный, теплый).

Теплый период

Температура воздуха, удаляемого из верхней зоны по формуле (2.4)

$t_{yx} = 24,4 + 0,5(8,3 - 1,5) = 27,8$ °С; высота обслуживаемой зоны принята равной 1,5 м, т.к люди находятся в положении «сидя».

Температура приточного воздуха принята равной температуре наружного воздуха (параметры) плюс 0,5 °С с учетом нагрева в вентиляторе и воздуховодах . $t_{пр} = 21,4 + 0,5 = 21,9$ °С.

Воздухообмен по явной теплоте $G_{явн.}$, кг/ч, по формуле (3.1)

$$G_{явн.} = \frac{3,6 \cdot 24141}{(27,8 - 21,9) \cdot 1} = 14730$$

где W – влагопоступления в помещение в теплый период, кг/ч;

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 24141}{17,08} = 5088$$

– через точку P проводят луч процесса ε до пересечения с изотермой t_{yx} ; получают точку U , соответствующую параметрам воздуха, удаляемого вытяжными системами; Параметры точки U : $t_{yx} = 27,8$ °С, $d_{yx} = 11,3$ г/кг, $i_{yx} = 56,8$ кДж/кг;

– определяют воздухообмен по борьбе с избыточной теплотой по формуле (3.4), с влагой – по формуле (3.3).

Воздухообмен из условия ассимиляции избыточной полной теплоты $G_{полн}$, кг/ч

$$Q_{изб.}^{полн.} = Q_{л}^{полн.} + Q_{с.р.}; Q_{изб.}^{полн.} = 350 \cdot 98 + 3141 = 37441 \text{ Вт}$$

$$G_{полн.} = \frac{3,6 \cdot 37441}{56,8 - 48,9} = 17062$$

Воздухообмен из условия ассимиляции влаговыделений G_W , кг/ч,

$$G_W = \frac{17080}{11,3 - 10,58} = 23722$$

Холодный период

Температура воздуха, удаляемого из верхней зоны по формуле (2.4)

$$t_{yx} = 16 + 0,5(8,3 - 1,5) = 19,4 \text{ °С.}$$

Температуру приточного воздуха принимаем на 6 °С ниже температуры внутреннего воздуха $t_{пр} = t_{в} - 6$; $t_{пр} = 16 - 6 = 10$ °С.

Воздухообмен по явной теплоте $G_{явн.}$, кг/ч, по формуле (3.1)

$$G_{явн.} = \frac{3,6 \cdot 38888}{(19,4 - 10) \cdot 1} = 14893$$

Построение вентиляционного процесса в холодный период и определение воздухообмена по *i-d*-диаграмме

Прямоточный вентиляционный процесс в холодный период года (рисунок 2):

- на *i-d* диаграмму наносят точку *H* (t_H, i_H), соответствующую расчетным параметрам наружного воздуха для холодного периода; параметры точки *H* $t_H = -26^\circ\text{C}$, $i_H = -25,5$ кДж/кг.

- строят процесс нагревания наружного воздуха в воздухонагревателе до температуры притока, проводя из точки *H* прямую по *d*-const до пересечения с изотермой t_{np} ; получают точку *П*, соответствующую параметрам приточного воздуха, подаваемого в зрительный зал; параметры точки *П*: $t_P = 10^\circ\text{C}$, $d_P = 0,27$ г/кг – const; $i_P = 10,7$ кДж/кг.

- на пересечении *d*-const с изотермой на $0,5 - 1^\circ\text{C}$ ниже изотермы t_{np} получают точку *K*, соответствующую параметрам воздуха на выходе из воздухонагревателя; линия *K-П* отображает нагрев воздуха на $0,5 - 1^\circ\text{C}$ в вентиляторе; параметры точки *K*: $t_K = 10 - 0,5 = 9,5^\circ\text{C}$, $d_K = 0,27$ г/кг – const.

- определяют луч процесса в помещении принимая $Q_{изб}$ равным теплоизбыткам в помещении в холодный период, а W равным влаговыделением в помещении в холодный период по формуле

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot Q_{изб}}{W} ;$$

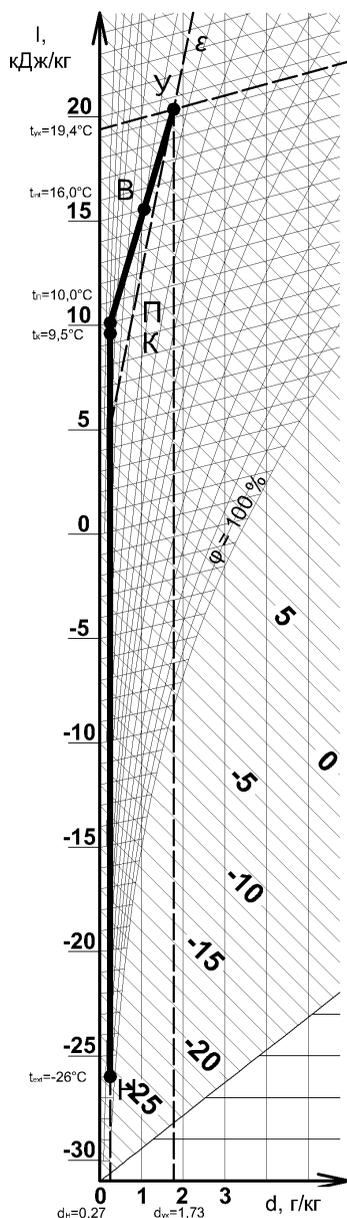


Рисунок 2 – Прямоточный вентиляционный процесс в холодный период

Вентиляция. Часть 2

– через точку П проводят луч процесса в помещении ε до пересечения с изотермой t_{yx} ; получают точку У, соответствующую параметрам воздуха, удаляемого вытяжными системами. Параметры точки У: $t_{yx}=19,4$ °С, $d_{yx}=1,73$ г/кг, $i_{yx}=23,9$ кДж/кг.

– определяют воздухообмен по борьбе с избыточной теплотой по формуле (3.4), и влагой – по формуле (3.3).

Воздухообмен из условия ассимиляции избыточной теплоты G_Q , кг/ч

$$Q_{изб.}^{полн.} = Q_l + Q_{от.} - Q_{потери} = 350 \cdot 140 + 10018 - 11030 = 47988 \text{ Вт.}$$

$$G_Q = \frac{3,6 \cdot 47988}{23,9 - 10,7} = 13088$$

Воздухообмен из условия ассимиляции влаговыделений G_W , кг/ч

$$G_W = \frac{11200}{1,73 - 0,27} = 7671$$

Вентиляционный процесс с рециркуляцией до воздухонагревателя в холодный период года (рисунок 3).

– на i-d диаграмму наносят точку Н (t_n, i_n), соответствующую расчетным параметрам наружного воздуха для холодного периода; параметры точки Н: $t_{ext}=-26$ °С, $i_{ext}=-25,5$ кДж/кг

– на i-d диаграмму наносят точку В (t_b, ϕ_b), соответствующую расчетным параметрам внутреннего воздуха в холодный период; параметры точки В: $t_b=16$ °С, влажность 60%, $i_b=34,7$ кДж/кг.

– определяют луч процесса в помещении, принимая $Q_{изб}$ равным теплоизбыткам в помещении в холодный период, а W равным влаговыделениям в помещении в холодный период

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 38888}{11,2} = 12500$$

Вентиляция. Часть 2

– через точку В проводят луч процесса в помещении ϵ до пересечения с изотермой t_{yx} и изотермой t_{Γ} получают точку У, соответствующую параметрам воздуха, удаляемого вытяжными системами, и точку П, соответствующую параметрам приточного воздуха; линия П-В процесс ассимиляции тепло- и влагоизбытков из зоны обслуживания помещения, линия В-У – процесс ассимиляции тепло- и влагоизбытков из верхней зоны;

– параметры точки У: $t_{yx}=19,4$ °С, $d_{yx}=1,73$ г/кг, $i_{yx}=23,9$ кДж/кг; параметры точки П: $t_{\Gamma}=10$ °С, $d_{\Gamma}=0,27$ г/кг – const; $i_{\Gamma}=10,7$ кДж/кг;

– наносят процесс смешивания наружного воздуха с вытяжным воздухом, соединяя точку H с точкой У (предполагается, что воздух на рециркуляцию забирается из верхней зоны помещения с параметрами точки У);

– из точки П по d-const опускаемся вниз до пересечения с изотермой на 0,5°С ниже изотермы t_{Γ} , получаем точку К, соответствующую параметрам воздуха на выходе из воздухонагревателя (линия К-П – процесс нагрева воздуха в воздуховодах и вентиляторе); параметры точки К:

$$t_K=10 - 0,5=9,5 \text{ °С, } d_{\Gamma}=0,27 \text{ г/кг – const;}$$

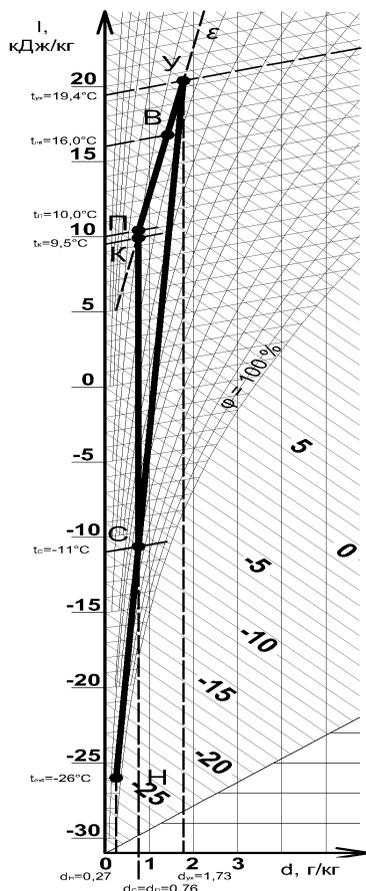


Рисунок 3 – Вентиляционный процесс с рециркуляцией до воздухонагревателя в холодный период года

– и на пересечении с линией H -У получаем точку C , соответствующую параметрам смеси наружного воздуха с рециркуляционным (линия C -К – нагрев смеси в воздухонагревателе;

Параметры точки С (смеси наружного воздуха с рециркуляционным): $d_c=0,76$ г/кг; $t_c=-11$ °С, $i_c=-9,2$ кДж/кг.

Построение вентиляционного процесса для переходного периода

В переходный период проверяют, можно ли подавать приточный воздух в зрительный зал без подогрева, т.е. с параметрами наружного воздуха для переходного периода $t_H=10$ °С, $i_H=26,5$ кДж/кг.

Из полученных ранее воздухообменов к дальнейшему расчету принимают наибольший $G=G_W=23722$ кг/ч. Далее расчет ведут в следующей последовательности (рисунок 4):

- на i - d диаграмму наносят точку H (t_H , i_H) соответствующую параметрам наружного воздуха в переходный период;
- из точки H проводят луч процесса ε для холодного периода ($\varepsilon=12500$ для холодного периода) до пересечения с изотермой t_{yx} ; получают точку Y , соответствующую параметрам воздуха, удаляемого вытяжными системами; параметры точки Y , соответствующие параметрам воздуха, удаляемого вытяжными системами: $i_{yx}=32,2$ кДж/кг, $t_{yx}=25,8$ °С.

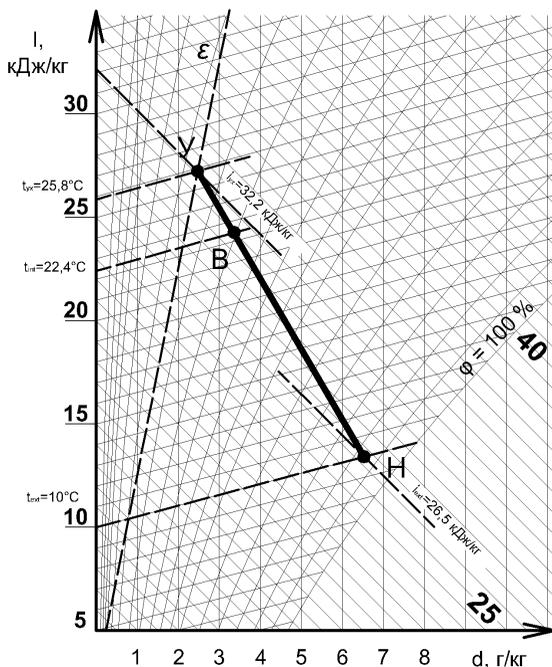


Рисунок 4 – Вентиляционный процесс для переходного периода года

– из формулы (2.4) находим температуру внутреннего воздуха

$$t_{в} = t_{ух} - \beta(H - 1,5); t_{в} = 25,8 - 0,5(8,3 - 1,5) = 22,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Величина температуры внутреннего воздуха получилась в пределах допустимых значений: 18-28 °С (по [3]), следовательно, подача приточного воздуха возможна без подогрева.

Определение воздухообмена из условия ассимиляции газопоступлений

Воздухообмен из условия ассимиляции углекислого газа G_{CO_2} , кг/ч, по формуле (3.2)

$$G_{CO_2} = \frac{8050}{2 - 0,5} = 5367$$

ПДК углекислого газа принято равным 2 л/м³ (для помещений с кратковременным пребыванием людей); при приточной подаче приточного воздуха (без рециркуляции) $Z_{np} = Z_H = 0,5$ л/м³.

В системах с рециркуляцией воздуха (при $Z_{рец} = Z_{ух}$)

$$Z_{np} = \frac{Z_H \cdot G_H + Z_{рец} \cdot G_{рец}}{G_H + G_{рец}}$$

Количество рециркуляционного воздуха принимается в размере 50% от наружного:

$$G_{рец} = 5367 \cdot 50\% = 2684 \text{ кг/ч};$$

$$Z_{np} = \frac{0,5 \cdot 5367 + 2 \cdot 2684}{5367 + 2684} = 1$$

$$G_{CO_2} = \frac{8050}{2 - 1} = 8050 \text{ (кг/ч)}$$

Определение воздухообмена, требуемого санитарными нормами

Для зрительного зала кинотеатра норма подачи наружного воздуха на 1 человека составляет 20 м³/ч [1].

По формуле (3.7)

$$G_o = 20 \cdot 1,2 \cdot 350 = 8400(\text{кг} / \text{ч})$$

Выбор расчетного воздухообмена

Данные, полученные в результате расчетов, сводятся в таблицу 3.4

Таблица 3.4 – Результаты расчета воздухообменов зрительного зала

| Расчетный период года | Воздухообмен, кг/ч | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | По теплоизбыткам | По влаговыведениям | По газовыведениям |
| Теплый | 17062 | 23722 | 8050 |
| Холодный | 13088 | 7671 | 8050 |
| Переходный | 13088 | 7671 | 8050 |

Для дальнейших расчетов принимается наибольшую величину воздухообмена $G_{и}=23722$ кг/ч.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – Введ. 2013-01-01. М.: Минрегион России, 2012.– 76 с.
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – Введ. 2013-01-01. М.: Минрегион России, 2012.– 109 с.
3. ГОСТ 30494—2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
4. АВОК-СТАНДАРТ-1-2004. Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена.– М.: АВОК-ПРЕСС, 2004. – 21 с.
5. Кувшинов Ю.Я., Самарин О.Д. «Основы обеспечения микроклимата зданий»: Учеб. Для вузов. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012. – 200 с.
6. Практикум по дисциплине «Вентиляция» для бакалавров направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиля подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция». Часть 1. – 2017 – 49 с.
7. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы обеспечения микроклимата зданий (включая теплофизику здания)», раздел 2 «Основы обеспечения микроклимата здания» для бакалавров направления подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция». Часть 2. – 2017 – 60 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Допустимые отклонения температуры воздуха, °С, в струе приточного воздуха от нормируемой температуры воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне (СП 60.13330.2012)

| Параметры микроклимата | Помещения | Допустимые отклонения температуры воздуха, °С | | | | |
|------------------------|---|---|---|---|--|--|
| | | Δt | при восполнении недостатков теплоты в помещении | | при ассимиляции избытков теплоты в помещении | |
| | | | Размещение людей | | | |
| | | | в зоне прямого воздействия и обратного потока приточной струи | вне зоны прямого воздействия и обратного потока приточной струи | в зоне прямого воздействия приточной струи | вне зоны прямого воздействия приточной струи |
| Допустимые | Жилые, общественные и административно-бытовые | Δt_1 | 3 | 3,5 | – | – |
| | | Δt_2 | – | – | 1,5 | 2 |
| | Производственные | Δt_1 | 5 | 6 | – | – |
| | | Δt_2 | – | – | 2 | 2,5 |
| | Любые, за исключением помещений, к которым предъявляются специальные технологические требования | Δt_1 | 1 | 1,5 | – | – |
| | | Δt_2 | – | – | 1 | 1,5 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Минимальный расход, м³/ч, наружного воздуха на одного человека (СП 60.13330.2012)

| Помещения | Расход воздуха в помещениях, м ³ /ч | |
|--|---|---------------------------------|
| | с естественным проветриванием | без естественного проветривания |
| Производственные | 30 | 60 |
| Общественные здания административного назначения* | 40 | 60 |
| Жилые при общей площади квартиры на одного человека: | | 20** |
| – более 20 м ² | 30*** | 60 |
| – менее 20 м ² | 3 м ³ /ч на 1 м ² жилой площади | |

* Норма наружного воздуха приведена для помещений кабинетов, офисов общественных зданий административного назначения. В других помещениях общественного назначения норму наружного воздуха следует принимать по требованиям соответствующих нормативных документов.

** Для помещений, в которых люди находятся не более 2 ч непрерывно (кинотеатры, театры и др.).

*** Не менее 0,35 воздухообмена в час, определяемого по общему объему квартиры.