

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

А.Э.ЕГЕЛЬ, В.М.ВОРОНОВА, М.Н.ШАРИПОВА

# РАСЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПОМЕЩЕНИЯХ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛА  
«БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА» В ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТАХ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом государственно-  
го образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2003

ББК 38.762.2я73  
Е 28  
УДК 697.921.2(07)

Рецензент  
кандидат технических наук В.А.Василенко

Е 28            **Егель А.Э., Воронова В.М., Шарипова М.Н.**  
**Расчет естественной вентиляции: Методические указания. –**  
**Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 10 с.**

Методические указания устанавливают содержание и последовательность выполнения расчета естественной вентиляции помещений, содержат необходимый справочный материал.

Предназначены для студентов технических специальностей.

ББК 38.762.2 я73  
© Егель А.Э., Воронова В.М.,  
Шарипова М.Н., 2003  
© ГОУ ОГУ, 2003

## Введение

Процессы промышленного производства сопровождаются загрязнением воздуха помещений вредными веществами, а также избыточным теплом, выделяющимся при работе механизмов, отопительных систем, источников света, людей, от действия солнечной радиации. Вредные примеси в рабочей зоне и избыточные тепловыделения оказывают неблагоприятные воздействия на здоровье работающего персонала. Одним из распространенных и эффективных способов защиты от воздействия этих негативных факторов и поддержания состава воздуха в пределах санитарно-гигиенических требований является общеобменная вентиляция помещений. Естественная вентиляция помещений происходит вследствие разности температур воздуха внутри и снаружи помещения. Температура воздуха внутри здания за счет тепловыделений, как правило, выше температуры наружного воздуха. Разность температур, а, следовательно, и разность давлений вызывают поступление холодного воздуха в помещение и вытеснение из него теплого.

Целью настоящих методических указаний является подготовка студентов к выполнению расчетов естественной вентиляции помещений в разделе «Безопасность труда» в дипломных проектах.

### 1 Определение теплоизбытков в помещении

#### 1.1 Тепловыделения от людей

Количество тепла, выделяемого человеком, зависит от его физической нагрузки и от температуры воздуха в помещении. Количество тепла, выделяемого взрослым мужчиной, можно определить из таблицы 1. Женщины выделяют около 85%, а дети 75% тепла, указанного в таблице.

Таблица 1 – Количество тепла, выделяемого взрослым мужчиной

Физические нагрузки	Количество тепла, Дж, выделяемого в помещении при температуре воздуха, °С					
	10	15	20	25	30	35
В покое	586040	523250	418600	334880	334880	334880
При легкой работе	648830	565110	544180	523250	523250	523250
При работе средней тяжести	774410	753480	732550	711620	711620	711620
При тяжелой работе	1046500	1046500	1046500	1046500	1046500	1046500

## 1.2 Тепловыделения от станков

Количество тепла, выделяемого от станков, определяется по формуле:

$$Q = 860 * N_{\phi} * \varphi, \quad (1)$$

где 860 – тепловой эквивалент;

$N_{\phi}$  – номинальная мощность, расходуемая станками, *кВт*;

$\varphi$  – определяется по формуле:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4, \quad (2)$$

где  $\varphi_1$  – коэффициент использования уставной мощности (обычно  $\varphi_1 = 0,7 - 0,9$ );

$\varphi_2$  – коэффициент загрузки (обычно  $\varphi_2 = 0,5 - 0,8$ );

$\varphi_3$  – коэффициент одновременности работы (обычно  $\varphi_3 = 0,5 - 1,0$ );

$\varphi_4$  – коэффициент ассимиляции тепла воздухом, учитывающий, какая частота тепла затрачиваемой механической энергии передается в виде тепла воздуху помещения (колеблется от 0,1 до 1).

Для определения тепловыделений в механических и механосборочных цехах ориентированно принятой  $\varphi_4 + 0,25$ .

## 1.3 Тепловыделения от нагретого материала

Количество тепла, выделяемого в помещении нагретым материалом, определяется по формуле:

$$Q = G_n * C(t_{нач} - t_k), \quad (3)$$

где  $G_n$  – вес материала, *кг*;

$C$  – средняя теплоемкость материала, *Дж* (кирпич – 877,8 *Дж*, железо – 480,6 *Дж*, чугун – 418,6 *Дж*);

$t_{нач}$  – начальная температура,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_k$  – конечная температура,  $^{\circ}\text{C}$ .

## 1.4 Тепловыделения от источников искусственного освещения

Избытки тепла в помещении от источников света можно определить из выражения:

$$Q = 860 * N_{\Sigma}, \quad (4)$$

где  $N_{\Sigma}$  – суммарная потребляемая мощность освещения, *кВт*.

Практически принимается, что вся мощность источника света переходит в тепло.

### 1.5 Тепло, вносимое в помещение солнечной радиацией

В теплый период года (при наружной температуре более плюс 10°C) следует учитывать солнечную радиацию. Количество тепла, поступающего от солнечной радиации, определяется по формуле:

$$Q = F_{ост} * K_{ост} * q_{ост} \quad (5)$$

где  $F_{ост}$  – поверхность остекления,  $м^2$ ;

$K_{ост}$  – коэффициент, зависящий от характеристики остекления;

$q_{ост}$  – солнечная радиация через 1  $м^2$  поверхности остекления в зависимости от ориентации по сторонам света, *Дж*.

Таблица 2 – Значение коэффициента  $K_{ост}$

Характеристика остекления	Значение коэффициента $K_{ост}$
Двойное остекление в одной раме	1,15
Одинарное остекление	1,45
Обычное загрязнение стекол	0,8
Сильное загрязнение стекол	0,7
Побелка стекол	0,6
Остекление с матовыми стеклами	0,4
Внешнее зашторивание окон	0,25

Солнечная радиация через стены не учитывается ввиду ее незначительности.

Таблица 3 – Значение коэффициента  $q_{ост}$

Расчетная географическая широта, с.ш.	Истинное солнечное время года		Коэффициент $q_{ост}$ , ДЖ							
	до полудня	после полудня	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
52	5-6	18-19	196742	246974	263718	188370	113022	100464	100464	100464
	6-7	17-18	246974	351624	426972	326508	213486	154882	159068	159068
	7-8	16-17	255346	380926	464646	397670	272090	196742	192556	192556
	8-9	15-16	242788	347438	443716	410228	305578	226044	205114	209300
	9-10	14-15	226044	284648	359996	397670	313950	242788	213486	217672
	10-11	13-14	217672	246974	301392	351624	322322	259532	217672	221858
	11-12	12-13	213486	234416	259532	309764	326508	280462	234416	226044

Примечание – Данные приведены для одинарного остекления со стеклом толщиной 2,5-3,5 мм.

### 1.6 Тепловыделения от нагретой поверхности воды

Тепловыделения от нагретой поверхности воды или других жидкостей определяются по формуле:

$$Q = (4,9 + 3,5 \cdot V)(t_w - t_{возд}) \cdot F, \quad (6)$$

где  $V$  – скорость воздуха над водной поверхностью, м/с;

$t_w$  – температура воды, °С;

$t_{возд}$  – температура воздуха в помещении, °С;

$F$  – площадь водной поверхности, м<sup>2</sup>.

Далее определяем суммарное избыточное тепло, поступающее в помещение:

$$Q_{изб} = Q_{людей} + Q_{н.матер} + Q_{станков} + Q_{иств.} + Q_{солнрад.} + Q_{повводы} \quad (7)$$

Затем определяем избыточное тепло с учетом тепловых потерь:

$$Q_{изб} = Q_{пост} - Q_{т.п.}, \quad (8)$$

где  $Q_{пост}$  – тепло, поступившее в помещение, ДЖ;

$Q_{m.n.}$  – тепловые потери, *Дж* .

Тепловые потери можно определить по формуле:

$$Q_{m.n.} = K \cdot F(t_{вн} - t_n), \quad (9)$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи (для кирпичной стенки – 3348-3767 *Дж* , для бетонной – 5441-1279 *Дж* ;

$F$  – площадь поверхности ограждения,  $m^2$  ;

$t_{вн}$  – внутренняя температура в помещении,  $^{\circ}C$  ;

$t_n$  – наружная температура воздуха,  $^{\circ}C$  .

## 2 Определение необходимого воздухообмена

Расчет объема приточного воздуха, необходимого для разбавления избыточных тепловыделений, производят по формуле:

$$L = \frac{Q_{изб}}{0,24 \cdot \gamma(t_{yx} - t_{np})}, \quad (10)$$

где  $L$  – необходимый объем приточного воздуха,  $m^3/ч$  ;

$Q_{изб}$  – избыточные тепловыделения, *Дж* ;

$\gamma$  – плотность воздуха при температуре, соответствующей температуре подаваемого в помещение воздуха,  $кг/м^3$  (см. Приложение А);

1004,6 – теплоемкость воздуха, *Дж* ;

$t_{np}$  – температура приточного воздуха,  $^{\circ}C$  ;

$t_{yx}$  – температура уходящего из помещения воздуха,  $^{\circ}C$  .

## 3 Определение избыточного давления и площади проемов

При расчете аэрации определяется площадь верхних и нижних вытяжных проемов. Вначале задаются площадью нижних проемов. Приводится схема аэрации помещения. В зависимости от площади открытия верхних вытяжных и нижних приточных фрамуг в помещении устанавливается уровень равных давлений (примерно посередине высоты здания) (Рисунок 1). Давление в этой плоскости равно нулю. Следовательно, на уровне центра нижних проемов создается давление:

$$H_1 = h_1(\gamma_n - \gamma_{cp.n.}), \quad (11)$$

где  $\gamma_{cp.n.}$  – средняя плотность воздуха в помещении, соответствующая средней температуре воздуха в помещении,  $кг/м^3$  ;

$h_1$  – высота от плоскости равных давлений до верхних проемов,  $м$  .

Средняя температура воздуха в помещении

$$t_{cp.n.} = \frac{t_{p.z.} + t_{yx}}{2}, \quad (12)$$

где  $t_{p.z.}$  и  $t_{yx}$  – температуры воздуха в рабочей зоне и воздуха, уходящего из помещения,  $^{\circ}C$  .

Выше плоскости равных давлений существует избыточное давление, Па, которое на уровне центра верхних проемов равно:

$$H_2 = h_2(\gamma_n - \gamma_{cp.n.}) \quad (13)$$

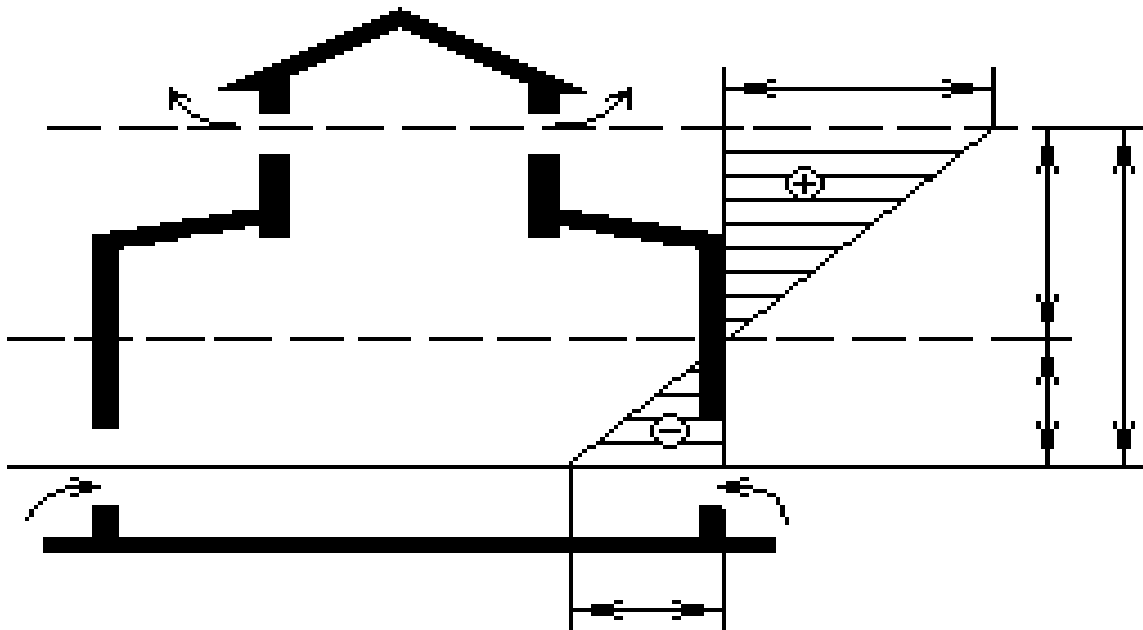


Рисунок 1 – Схема аэрации помещения

Это давление вызывает вытяжку воздуха. Общая величина давления, при котором происходит воздухообмен в помещении, равна:

$$H_{\tau} = H_1 + H_2 = h(\gamma_n - \gamma_{cp.n.}) \quad (14)$$



Определяем скорость воздуха в нижних проемах,  $m/c$  :

$$V_1 = \frac{L}{\mu \cdot F}, \quad (15)$$

где  $L$  – необходимый воздухообмен,  $m^3/ч$  ;

$\mu$  – коэффициент расхода, зависящий от конструкции створок и угла их открытия (для створок, открытых на  $90^\circ$ ,  $\mu=0,6$ ; на  $30^\circ$  –  $\mu=0,32$ );

$F$  – площадь нижних проемов,  $m^2$  .

Далее определяем потери давления, Па, в нижних проемах:

$$H_1 = \frac{V_1^2 \cdot \gamma_n}{2 \cdot g} \quad (16)$$

Определяем  $H_\tau$  по формуле (14), принимая температуру уходящего воздуха  $t_{yx} = t_n + (10 \text{ } ^\circ C \div 15 \text{ } ^\circ C)$  и определяем по таблице А.1 (см. Приложение А) плотность  $\gamma_n$  и  $\gamma_{cp.n.}$ , соответствующие температурам  $t_n$  и  $t_{cp.n.}$  .

Находим избыточное давление в плоскости верхних вытяжных проемов:

$$H_2 = H_\tau - H_1 \quad (17)$$

Определяем требуемую площадь верхних проемов ( $m^2$ ):

$$F = \frac{L}{\mu \cdot V^2} = \frac{L}{\mu \sqrt{\frac{H_2 \cdot 2 \cdot g}{\gamma_{cp.n.}}}} \quad (18)$$

## **Список использованных источников**

1. Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л., Сердюк Н.И.. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. – М.: Высшая школа, 2002. – 316 с.
2. Салов А.И.. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.
3. Егель А.Э., Корчагина С.Х.. Расчет необходимого воздухообмена в помещениях: Методические указания к выполнению раздела «Безопасность проекта при дипломном проектировании». – Оренбург: ОГУ, 1997. – 19 с.
4. Охрана труда в машиностроении./Под редакцией Е.Я.Юдина. – М.: Машиностроение, 1976. – 335 с.

## Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Масса 1м<sup>3</sup> воздуха в килограммах ( $\gamma$ ) при различных его температурах (t) и нормальном атмосферном давлении, кг/м<sup>3</sup>

$t, ^\circ C$	$\gamma$	$t, ^\circ C$	$\gamma$	$t, ^\circ C$	$\gamma$	$t, ^\circ C$	$\gamma$
-30	1,450	-7	1,327	+16	1,222	+39	1,132
-29	1,445	-6	1,322	+17	1,217	+40	1,128
-28	1,438	-5	1,317	+18	1,213	+41	1,124
-27	1,435	-4	1,312	+19	1,209	+42	1,121
-26	1,428	-3	1,308	+20	1,205	+43	1,117
-25	1,424	-2	1,303	+21	1,201	+44	1,114
-24	1,418	-1	1,298	+22	1,197	+45	1,110
-23	1,412	0	1,293	+23	1,193	+46	1,107
-22	1,407	+1	1,288	+24	1,189	+47	1,103
-21	1,401	+2	1,284	+25	1,185	+48	1,100
-20	1,396	+3	1,279	+26	1,181	+49	1,096
-19	1,390	+4	1,275	+27	1,177	+50	1,093
-18	1,385	+5	1,270	+28	1,173	+51	1,090
-17	1,379	+6	1,265	+29	1,169	+52	1,086
-16	1,374	+7	1,261	+30	1,165	+53	1,080
-15	1,368	+8	1,256	+31	1,161	+54	1,076
-14	1,363	+9	1,252	+32	1,157	+55	1,073
-13	1,358	+10	1,248	+33	1,154	+56	1,070
-12	1,353	+11	1,243	+34	1,150	+57	1,067
-11	1,348	+12	1,239	+35	1,146	+58	1,063
-10	1,342	+13	1,235	+36	1,142		
-9	1,337	+14	1,230	+37	1,139		
-8	1,332	+15	1,226	+38	1,135		