

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Теплогазоснабжение, климатехника и альтернативная энергетика»

Методические указания для выполнения практической работы

**«РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА»**

по дисциплине «Методология выбора систем вентиляции»

для магистров направления 08.04.01 «Строительство», программа «Теплогазоснабжение и вентиляция»



Ростов-на-Дону

2024

УДК 502/504

Составитель: О.С. Гурова

Методические указания для выполнения практической работы «Расчет потребного воздухообмена» по дисциплине «Методология выбора систем вентиляции». – Ростов н/Д: Донс. гос. техн. ун-т, 2024. – 10 с.

Содержат необходимый теоретический материал, основные зависимости и справочные данные. Устанавливают объем, состав и последовательность выполнения практической работы. Предназначены для магистров всех форм обучения по направлению 08.04.01 «Строительство».

УДК 502/504

© О.С. Гурова, Беспалов В.И., 2024

© Донской государственный технический университет, 2024

1. **Общие сведения**

Воздухообмен в производственных помещениях необходим для очистки воздуха от **вредных факторов:**для удаления **загрязняющих веществ** (выделяющихся вредных газов, паров и пыли); для удаления излишних **водяных паров**; для удаления **избыточного тепла**.

**Потребный воздухообмен** — это количество воздуха, которое необходимо вводить в помещение и удалять из него в течение часа.

В данных методических указаниях рассматривается расчет потребного воздухообмена (L м3/ч), для очистки воздуха от вредных газов и паров и для удаления избыточного тепла с помощью механической общеобменной вентиляции.

1. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ВОЗДУХООБМЕНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Потребный воздухообмен определяется по формуле:

 , м3/ч (1)

где: L, м3/ч - потребный воздухообмен;

G, г/ч - количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения;

xв, мг/м3 - предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" по [1];

xн, мг/м3 - максимально возможная концентрация того же загрязняющего вещества в воздухе населенных мест по таблице 1.

Применяется также понятие кратности воздухообмена (n), которая показывает сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Значение n может быть достигнуто естественным воздухообменом без устройства механической вентиляции.

В основе СНиПов по воздухозамещению лежат такие нюансы:

* предназначение постройки/помещения;
* температура и влажность воздуха;
* качество, интенсивность и пропускная способность естественной вентиляции;
* количество жильцов, работников и других людей постоянно или временно находящихся в помещении;
* теплопроизводительность работающих приборов;
* количество бытовой техники.

Есть 2 типа воздухообмена: естественный и искусственный. [Естественный способ](https://sovet-ingenera.com/vent/raschety/estestvennaya-ventilyatsiya-v-chastnom-dome.html) обмена заключается в движении воздушных масс за счет разницы давления. Из точек с большим давлением — в места с меньшим. Искусственный воздухообмен подразумевает работу вентиляторов, [кондиционеров](https://sovet-ingenera.com/vent/cond/ventilyaciya-i-kondicionirovanie.html) и других электрических устройств. Естественное замещение воздуха ограничивается 3—4-кратным показателем, поэтому его движение иногда приходится усиливать механической вентиляцией. В производственных помещениях условия бывают более тяжелыми, а иногда и вредными. Кратность воздухообмена в цехах должна в несколько раз превосходить параметры для других помещений.

Кратность воздухообмена определяется по формуле:

**n = L/Vп** , ч-1 (раз в час) (2)

где: **Vп** - внутренний объем помещения, м3.

Согласно нормам, кратность воздухообмена n >10 недопустимо.

Так как **xн** определяется по таблице 1 (см. приложение), а **xв** по таблице 2; то для расчета потребного воздухообмена необходимо в каждом случае определять количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения.

Рассмотрим отдельные характерные случаи выделения вредных веществ в воздух помещения и определения потребного воздухообмена.

**2.1.Определение воздухообмена при испарении растворителей и лаков**

Испарение растворителей и лаков обычно происходит при покраске различных изделий. Количество летучих растворителей, выделяющихся в воздухе помещений можно определить по следующей формуле:

 , г/ч (4)

где: ***а***, м2/ч - средняя производительность по покраске одного рабочего, составляющая при ручной покраске кистью, *а*=12 м2/ч; пульверизатором; *а*=50 м2/ч

**А**, г/м2 - расход лакокрасочных материалов;

**m**, % - процент летучих растворителей, содержащихся в лакокрасочных материалах;

**n** - число рабочих, одновременно занятых на покраске.

Численные значения величин **А** и **m** определяются по таблице 1. Приложения

Таблица 1

**Расходы лакокрасочных материалов на один слой покрытия изделий и содержание в них летучих растворителей**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование лакокрасочных материалов/способ нанесения краски | Расход лакокрасочных материалов (**А**, г/м2) | Содержание летучей части (**m**, %) |
| **Нитролаки и краски** | | |
| Бесцветный аэролак /кистью | 200 | 92 |
| Цветные аэролаки / распыление пульверизатором | 180 | 75 |
| Нитрошпаклевка /кистью | 100-180 | 10-35 |
| Нитроклей /кистью | 160 | 80-85 |
| **Масляные лаки и эмали** | | |
| Окраска распылением | 60-90 | 35 |

П р и м е р:

Определить количество выделяющихся в воздух помещения летучих растворителей.

По таблице 3 для цветного аэролака при окраске распылением:

А = 180 г/м2, m = 75 %

G = 50⋅180⋅75⋅2/100 = 13500 г/ч

Определяем потребный воздухообмен в помещении по (4):

- для ацетона находим из таблиц 1 и 2, Приложения :

Хв = 200 мг/м3;

Хн = 0,35 мг/м3;

L = 13500\*1000/(200 - 0.35) = 67500 м3/ч

О т в е т : L = 67500 м3/ч .

*Просчитать тоже самое для бесцветного аэролака кистью.*

Таблица 2

**Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест**

| Наименование | ПДКм.р., | ПДКс.с., | Агрегатное |
| --- | --- | --- | --- |
| вредных веществ | мг/м3 | мг/м3 | состояние |
| Азота диоксид | 0,085 | 0,04 | п |
| Азота оксид | 0,6 | 0,06 | п |
| Акролеин | 0,03 | 0,03 | п |
| Амилацетат | 0,10 | 0,10 | п |
| Аммиак | 0,2 | 0,04 | п |
| Ацетон | 0,35 | 0,35 | п |
| Бензин (углеводороды) | 5,0 | 1,5 | п |
| Бензол | 1,5 | 0,1 | п |
| Бутан | 200 | - | п |
| Бутилацетат | 0,1 | 0,1 | п |
| Винилацетат | 0,15 | 0,15 | п |
| Дихлорэтан | 3,0 | 1,0 | п |
| Ксилол | 0,2 | 0,2 | п |
| Марганец и его соединения | 0,01 | 0,001 | а |
| Метилацетат | 0,07 | 0,07 | п |
| Мышьяк и его неорг. соединения | - | 0,003 | а |
| Озон | 0,16 | 0,03 | п |
| Пыль (кремнесодержащая - более 70 %) | 0,15 | 0,05 | а |
| Пыль нетоксичная (фиброгенного дейст-я) | 0,5 | 0,15 | а |
| Ртути хлорид (сулема) | - | 0,0003 | а |
| Сажа | 0,15 | 0,05 | а |
| Свинец и его соединения | 0,001 | 0,0003 | а |
| Серная кислота | 0,3 | 0,1 | а |
| Сернистый ангидрид | 0,5 | 0,15 | п |
| Сероводород | 0,008 | - | п |
| Сероуглерод | 0,03 | 0,005 | п |
| Спирт бутиловый | 0,16 | - | п |
| Спирт изобутиловый | 0,1 | 0,1 | п |
| Спирт метиловый | 1,0 | 0,5 | п |
| Спирт этиловый | 5 | 5 | п |
| Стирол | 0,04 | 0,002 | п |
| Толуол | 0,6 | 0,6 | п |
| Углерода оксид | 5,0 | 3,0 | п |
| Фенол | 0,01 | 0,003 | п |
| Фтористые соединения (газообразные) | 0,02 | 0,005 | п |
| Хлор | 0,1 | 0,03 | п |
| Хлористый водород | 0,2 | 0,2 | п |
| Этилацетат | 0,1 | 0,1 | п |

Примечание:

п - пары и/или газы; а - аэрозоль

Таблица 3

**Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | ПДК., | Класс | Агрегатное |
| Вредных веществ | мг/м3 | опасности | состояние |
| Азота диоксид | 2,0 | 3 | п |
| Азота оксиды | 5,0 | 3 | п |
| Акролеин | 0,2 | 2 | п |
| Амилацетат | 100 | 4 | п |
| Аммиак | 20 | 4 | п |
| Ацетон | 200 | 4 | п |
| Бензин (углеводороды) | 100 | 4 | п |
| Бензол | 15/5 | 2 к | п |
| Бутан | 300 | 4 | п |
| Бутилацетат | 200 | 4 | п |
| Винилацетат | 10,0 | 4 | п |
| Дихлорэтан | 10,0 | 2 | п |
| Ксилол | 50,0 | 3 | п |
| Марганец и его соединения (от 2-30 %) | 0,1 | 2 | а |
| Метилацетат | 100 | 4 | п |
| Мышьяк и его неорг. соединения | 0,04/0,01 | 2 | а |
| Озон | 0,1 | 1 | п |
| Пыль (кремнесодержащая - более 70 %) | 1,5 | 4 | а |
| Пыль нетоксичная (фиброгенного действия) | 4,0 | 4 | а |
| Ртути хлорид (сулема) | 0,2/0,05 | 1 | а |
| Сажа | 4,0 | 3 | а |
| Свинец и его соединения | 0,01/0,005 | 1 | а |
| Серная кислота | 1,0 | 2 | а |
| Сернистый ангидрид | 10 | 3 | п |
| Сероводород | 10,0 | 3 | п |
| Сероуглерод | 1,0 | 3 | п |
| Спирт бутиловый | 10,0 | 3 | п |
| Спирт изобутиловый | 10,0 | 3 | п |
| Спирт метиловый | 5,0 | 3 | п |
| Спирт этиловый | 1000 | 4 | п |
| Стирол | 30/10 | 3 | п |
| Толуол | 50 | 3 | п |
| Углерода оксид | 20 | 4 | п |
| Фенол | 0,3 | 2 | п |
| Фтористые соединения (газообразные) | 0,5/0,1 | 2 | п |
| Хлор | 1,0 | 2 | п |
| Хлористый водород | 5,0 | 1 | п |
| Этилацетат | 200 | 4 | п |

Примечание: значение в числителе - максимально разовые; в знаменателе - среднесменные

**2.2. Определение потребного воздухообмена при пайке электронных схем**

Пайка осуществляется свинцово-оловянным припоем (специальный сплав) ПОС-60, который содержит С = 0,4 доли объема свинца и 60 % олова. Наиболее ядовиты аэрозоли (пары) свинца.

В процессе пайки из припоя испаряется до **B** = 0,1% свинца, а на 1 пайку расходуется 10 мг припоя. При числе паек - **N**, количество выделяемых паров свинца определяется как:

 , мг/ч (5)

П р и м е р

В помещении объемом Vп = 1050 м3 три человека осуществляют пайку припоем ПОС-40 с производительностью по 100 контактов в час. Найти требуемую кратность воздухообмена.

По (5) определяем количество аэрозолей свинца, выделяемых в воздух:

G = 0,6 ⋅ 0,001⋅10 ⋅ 100 ⋅3 = 1,8 мг/ч

Определяем потребный воздухообмен:

- для свинца и его соединений находим из таблиц 1 и 2, Приложения:

Хв = 0,01 мг/м3;

Хн = 0,001 мг/м3;

L = 1,8 / (0,01 - 0,001) = 200,0 м3/час,

О т в е т: L = 185,5 м3/час,

*Другие варианты:* В помещении объемом Vп = 200 м3 два человека осуществляют пайку припоем ПОС-40 с производительностью по 150 контактов в час. Найти требуемую кратность воздухообмена.

**2.3. Определение воздухообмена в жилых и общественных помещениях**

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемая людьми углекислота (СО2 ).

Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и по допустимой ее концентрации.

Количество углекислоты в зависимости от возраста человека и выполняемой работы, а также допустимые концентрации углекислоты для различных помещений приведены в таблицах 4 и 5.

Содержание углекислоты в атмосферном воздухе можно определить по химическому составу воздуха. Однако, учитывая повышенное содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов, следует принимать при расчете содержание СО2:

для сельских населенных пунктов - 0,33 л/м3

для малых городов (до 300 тыс. жителей) - 0,4 л/м3

для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) - 0,5 л/м3

П р и м е р

Определить потребную кратность воздухообмена в помещении учреждения, где работают три человека.

Решение:

1.По таблице 4 определяем количество СО2, выделяемой одним чело-

веком g = 23 л/ч.

По таблице 5 определяем допустимую концентрацию СО2, Хв = 1,25 л/м3 и содержание СО2 в наружном воздухе для больших городов принимаем: Хн = 0.5 л/м3 .

Определяем потребный воздухообмен:

L = 23\*3/(1,25 - 0.5) = 92 м3/ч

О т в е т: L = 92 м3/ч

Таблица 4

**Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Возраст человека и характер работы | Количество СО2 | |
| в л/ч | в г/ч |
| Взрослые: |  |  |
| при физической работе | 45 | 68 |
| при легкой работе (в учреждениях) | 23 | 35 |
| в состоянии покоя | 23 | 35 |
| Дети до 12 лет | 12 | 18 |

Таблица 5

**Предельно-допустимые концентрации углекислоты**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование помещений | Количество СО2 | |
| в л/м3 | в г/кг |
| Для постоянного пребывания людей (жилые ком) | 1 | 1,5 |
| Для пребывания детей и больных | 0,7 | 1 |
| Для учреждений | 1,25 | 1,75 |
| Для кратковременного пребывания людей | 2 | 3 |

*Другие варианты:* Определить потребную кратность воздухообмена в помещении жилой комнаты, где отдыхают двое человек.