



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 1

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. Материалы по темам, не охваченным в данном практикуме, будут представлены в последующих частях.

Авторы

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



Оглавление

1 Выбор расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха при проектировании систем вентиляции.....	5
1.1 Расчетные параметры внутреннего воздуха.....	5
1.2 Расчетные параметры наружного воздуха.....	6
2 Определение теплоступлений в помещение от различных источников	11
2.1 Теплоступления от людей.....	11
2.2 Теплоступления от источников искусственного освещения	14
2.3 Тепловыделения от электродвигателей и приводимых ими в действие станков и оборудования.....	16
2.4 Тепловыделения от нагретых поверхностей	17
2.5 Теплоступления от нагретой поверхности воды	19
2.6 Поступление скрытой теплоты с поступающим в помещение водяным паром.....	20
2.7 Теплоступления в помещение от остывания пищи	20
2.8 Тепловыделения от остывающих материалов	21
2.9 Теплоступления от оргтехники.....	22
3 Определение влагоступлений (водяных паров) в помещение	23
3.1 Влагоступления от людей.....	23
3.2 Влаговыведения с открытой поверхности воды	23
3.3 Влаговыведения со смоченных поверхностей	26
3.4 Влаговыведения с открытой поверхности кипящей воды.....	26
3.5 Влаговыведения при сушке материалов	26
3.6 Влаговыведения при работе металлообрабатывающих станков с применением охлаждающих эмульсий	27
3.7 Влаговыведения от химических реакций.....	27
4 Газоступления в помещения	28
4.1 Выделение углекислого газа CO ₂ , выдыхаемого людьми	28
4.2 Газоступления с открытой поверхности раствора при испарении	29
4.3 Газовыведения при окрасочных работах.....	30
4.4 Количество вредных газов, выделяющихся при работе	

автомобилей	34
4.5 Количество газов и паров, проникающих через неплотности технологических аппаратов и трубопроводов	36
4.6 Газовыделения при сварочных работах	36
5 Выбор принципиальных схем организации воздухообмена в помещениях зданий различного назначения.....	37
5.1 Жилые здания.....	37
5.2 Общественные здания и сооружения	38
5.3 Производственные здания	41
Список использованных источников	44
Приложения	46
Приложение А Классификация помещений (ГОСТ 30494- 2011).....	46
Приложение Б Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий (ГОСТ 30494-2011)	47
Приложение В Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных и административных зданий (ГОСТ 30494-2011)	48
Приложение Г Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне детских дошкольных учреждений (ГОСТ 30494-2011)	48
Приложение Д Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96).....	49
Приложение Е Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96).....	49
Приложение Ж Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне общественных, административно-бытовых и производственных помещений в теплый период года. (СП 60.13330.2012)	50

1 ВЫБОР РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕГО И НАРУЖНОГО ВОЗДУХА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

1.1 Расчетные параметры внутреннего воздуха

Расчетные параметры **внутреннего** воздуха принимаются в зависимости от назначения помещения и вида деятельности человека.

В соответствии с [1] «параметры микроклимата при отоплении и вентиляции помещений (кроме помещений, для которых метеорологические условия микроклимата установлены другими нормативными документами) следует принимать, как правило, по ГОСТ 30494, ГОСТ 12.1.005, СанПиН 2.2.4.548 для обеспечения параметров воздуха в пределах допустимых норм в обслуживаемой или рабочей зоне помещений (на постоянных и непостоянных рабочих местах)»:

а) в холодный период года в обслуживаемой зоне **жилых помещений** температуру воздуха — минимальную из оптимальных температур по ГОСТ 30494;

б) в холодный период года в обслуживаемой зоне **жилых зданий (кроме жилых помещений), а также общественных и административно-бытовых** зданий или в рабочей зоне **производственных** помещений температуру воздуха — минимальную из допустимых температур при отсутствии избытков явной теплоты (далее — теплоты) в помещениях; экономически целесообразную температуру воздуха в пределах допустимых норм в помещениях с избытками теплоты. В производственных помещениях площадью более 50 м² на одного работающего допускается обеспечивать расчетную температуру воздуха на постоянных рабочих местах и более низкую (но не ниже 10 °С) температуру воздуха на непостоянных рабочих местах».

в) в **теплый** период года в обслуживаемой или рабочей зоне помещений **при наличии избытков теплоты** — температуру воздуха в пределах допустимых температур, но не более чем на 3 °С для **общественных и административно-бытовых** помещений и не более чем на 4 °С для **производственных** помещений выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А) и не более максимально допустимой температуры по приложению Ж, а **при отсутствии избытков теплоты** — температуру воздуха в пределах допустимых температур.

г) **скорость движения воздуха** — в пределах допустимых

норм;

д) **относительную влажность воздуха** – в пределах допустимых норм (при отсутствии специальных требований) по заданию на проектирование;

Параметры микроклимата или один из параметров допускаются принимать в пределах оптимальных норм вместо допустимых, если это экономически обосновано, или по заданию на проектирование.

В холодный период года в помещениях отапливаемых зданий, кроме помещений, для которых параметры воздуха установлены другими нормативными документами, когда они не используются и в нерабочее время, можно принимать температуру воздуха ниже нормируемой, но не ниже:

15 °С — в жилых помещениях;

12 °С — в общественных и административно-бытовых помещениях;

5 °С — в производственных помещениях.

Нормируемую температуру следует обеспечить к началу использования помещения или к началу работы.

В **теплый** период года метеорологические условия **не нормируются** в помещениях:

- жилых зданий;
- общественных, административно-бытовых и производственных в периоды, когда они не используются и в нерабочее время при отсутствии технологических требований к температурному режиму помещений;

1.2 Расчетные параметры наружного воздуха

Параметры **наружного** воздуха: температура t_{ext} , °С, удельная энтальпия i_{ext} , кДж/кг, скорость ветра u , м/с, а также другие характеристики наружного климата приводятся для различных городов России в [2] (параметры А и Б).

В соответствии с указаниями [1] заданные параметры микроклимата в жилых, общественных, административно-бытовых и производственных помещений следует обеспечивать в пределах расчетных параметров наружного воздуха для соответствующих районов строительства, принятых, как правило, по [2]:

- параметров **А** – для систем вентиляции, и воздушного душирования в теплый период года;

- параметров **Б** – для систем отопления, вентиляции и воздушного душирования в холодный период года, а также для систем кондиционирования в теплый и холодный периоды года.

Вентиляция. Часть 1

Параметры наружного воздуха для переходных условий года следует принимать: температуру 10 °С и удельную энтальпию 26,5 кДж/кг.

Параметры наружного воздуха для зданий сельскохозяйственного назначения, если они не установлены специальными строительными или технологическими нормами, следует принимать:

- параметры **А** – для систем вентиляции и кондиционирования в теплый и холодный периоды года.
- параметры **Б** – для систем отопления в холодный период года.

Задача 1.1 Определить расчетные параметры внутреннего воздуха в помещении проектируемого **жилого или общественного здания** и характеристики наружного климата для расчета систем вентиляции, если задан проектируемый объект и район строительства (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Исходные данные для задачи 1.1

Последние две цифры номера зачетки	Проектируемое здание	Помещение в здании	Район строительства
1	2	3	4
01 26 51 76	Кинотеатр	Зрительный зал	Ростов-на-Дону
02 27 52 77	То же	Фойе	Казань
03 28 53 78	Административное здание	Офис	Воронеж
04 29 54 79	То же	Кабинет директора	Астрахань
05 30 55 80	То же	Вестибюль	Волгоград
06 31 56 81	То же	Бухгалтерия	Уфа
07 32 57 82	То же	Зал совещаний	Ставрополь
08 33 58 83	Жилой дом	Жилая комната	Краснодар
09 34 59 84	То же	Кухня	Брянск
10 35 60 85	То же	Ванная комната	Санкт-Петербург
11 36 61 86	То же	Лестничная клетка	Калуга

1	2	3	4
12 37 62 87	Библиотека	Читальный зал	Владимир
13 38 63 88	То же	Актальный зал	Вологда
14 39 64 89	ВУЗ	Аудитория	Иваново
15 40 65 90	То же	Вестибюль, фойе	Иркутск
16 41 66 91	То же	Читальный зал	Белгород
17 42 67 92	Клуб	Зрительный зал	Кострома
18 43 68 93	То же	Кружковая комната	Сочи
19 44 69 94	Детский сад	Спальная комната	Курск
20 45 70 95	Поликлиника	Кабинет врача	Нижний Новгород
21 46 71 96	То же	Вестибюль	Псков
22 47 72 97	То же	Процедурный кабинет	Пенза
23 48 73 98	То же	Вестибюль	Орел
24 49 74 99	Спорткомплекс	Спортзал	Оренбург
25 50 75 00	То же	Раздевалка	Омск

Пример. Район строительства – г. Москва. Объект строительства – административное здание, офисное помещение.

Решение. В соответствии с [3] офисное помещение можно отнести ко второй категории (приложение А). Т.к. помещение в **холодный период** года не имеет теплоизбытков, то в качестве расчетной температуры внутреннего воздуха принимаем минимальную из допустимых температур $t_{int} = 18^{\circ}\text{C}$, относительную влажность φ и подвижность воздуха v в пределах допустимых значений, т.е. $\varphi=60\%$, $v=0,3$ м/с – не более (приложение В).

В **теплый период** года в помещении есть избыточные тепловыделения, поэтому расчетную температуру внутреннего воздуха принимаем на 3°C выше расчетной наружной температуры (параметры А), но не более 28°C (максимально допустимой температуры по приложению Ж), т.е. $t_{int} = t_{ext} + 3$; $t_{int}=23 + 3 = 26 < 28$. Принимаем $t_{int}=26^{\circ}\text{C}$.

Скорость v и относительную влажность φ принимаем в пределах допустимых норм: $\varphi=65\%$, $v=0,25$ м/с.

Характеристики наружно- го климата принимаются по [2].

При проектировании вентиляции в соответствии с [1] в качестве расчетных параметров наружного воздуха принимаем:

– для теплого периода параметры А: $t_{\text{ext}} = 23^{\circ}\text{C}$; $v = 1 \text{ м/с}$; $i = 52,6\text{--}56,8 \text{ кДж/кг}$;

– для холодного периода параметры Б: $t_{\text{ext}} = -25^{\circ}\text{C}$; $v = 2 \text{ м/с}$; (определяем по i - d -диаграмме при $t_{\text{ext}} = -25^{\circ}\text{C}$ и $\varphi = 82\%$).

Задача 1.2 Определить расчетные параметры внутреннего воздуха в **производственном** помещении (район строительства принять как в задаче 1.1) для расчета систем вентиляции, если известна категория работ по уровню энергозатрат (таблица 1.1.2). Решить задачу для двух случаев: если помещение в холодный период без избытков теплоты или в помещении имеются избытки теплоты.

Таблица 1.2 – Исходные данные к задаче 1.2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Категория работ	Ia	Iб	IIa	IIб	III	Ia	Iб	IIa	IIб	III	Ia	Iб	IIa

Вариант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Категория работ	IIб	III	Ia	Iб	IIa	IIб	III	Ia	Iб	IIa	IIб	III

Пример. В заданном производственном помещении выполняемые работы относятся к IIa категории по уровню энергозатрат. Район строительства – г. Москва.

Решение. Расчетные параметры внутреннего воздуха принимаем по [5] в пределах допустимых значений (приложение Е).

В **холодный период** года для первого случая, когда в помещении нет теплоизбытков, в соответствии с [1] принимаем температуру внутреннего воздуха минимальную из допустимых $t_{\text{int}} = 17^{\circ}\text{C}$. Для второго случая, при наличии теплоизбытков, принимаем экономически целесообразную температуру $t_{\text{int}} = 23^{\circ}\text{C}$.

Подвижность воздуха в первом случае, т.е. при внутренней температуре, принятой для диапазона температур ниже оптимальных, не должна превышать $0,1 \text{ м/с}$, принимаем $v = 0,1 \text{ м/с}$. Во втором случае, когда температура внутреннего воздуха в диапазоне выше оптимальных значений, подвижность воздуха не должна превышать $0,3 \text{ м/с}$, принимаем $v = 0,3 \text{ м/с}$.

Относительную влажность принимаем в пределах допусти-

мых норм $\varphi=15-75\%$.

В **теплый период** года в помещении имеются избытки теплоты, поэтому температуру внутреннего воздуха принимаем на $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше расчетной наружной температуры (параметры А), но не более 27°C (максимально допустимой температуры по приложению Ж), т.е. $t_{\text{int}} = t_{\text{ext}} + 4$;

$t_{\text{int}}=23 + 4 = 27$. Принимаем $t_{\text{int}}=27^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность воздуха при температуре 27°C не должна выходить за пределы 60% (примечание к приложению Ж). Принимаем $\varphi=60\%$.

Подвижность воздуха для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, должна быть не более $0,4\text{ м/с}$. Принимаем $v=0,4\text{ м/с}$.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИЕ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Определение тепlopоступлений от всех источников необходимо для составления теплового баланса помещений и определения дефицита или избытков теплоты.

Тепlopоступления в вентилируемые помещения жилых, общественных и производственных зданий складывается в основном из следующих потоков теплоты:

- от людей;
- от искусственного освещения;
- от нагретого оборудования и изделий;
- теплота, выделяемая при расходовании механической или электрической энергии, которая в результате сил трения, переходит в теплоту;
- от солнечной радиации;
- от поступающего в воздух помещения водяного пара (скрытая теплота);
- от других источников теплоты (горячей пищи, нагретых поверхностей оборудования, горячей воды и пр.);

2.1 Тепlopоступления от людей

Тепlopоступления от людей зависят от их пола, возраста, состояния здоровья, теплозащитных свойств одежды, температуры, влажности и подвижности окружающего воздуха и тяжести выполняемой работы.

Полные тепловыделения человека складываются из **явных** (передаваемых за счет конвекции и влияющих на температуру окружающего воздуха) и **скрытых** (идущих на испарение влаги и на температуру окружающего воздуха не влияющих).

Тепловыделения от людей, находящихся в помещении, $Q_{л}$, $W_{т}$, определяются по формуле

$$Q_{л} = q * n , \quad (2.1)$$

где q – тепловыделение одного человека, $W_{т}$ (таблица 2.1);
 n – число людей.

Тепlopоступления от женщин считаются равными 85% от тепловыделений взрослого мужчины (приводятся в таблицах справочников) от детей до 10 лет – 75%. Тепlopоступления от людей в верхней одежде вводят в расчет с коэффициентом 0,75.

Таблица 2.1 – Количество теплоты и влаги, выделяемой взрослыми людьми (мужчинами)

Показатель	Количество явной теплоты $q_{я}$, Вт/чел, полной теплоты $q_{п}$, Вт/чел, и влаги w , г/(ч·чел), выделяемых одним человеком при температуре воздуха в помещении, t_{int} , °C					
	10	15	20	25	30	35
В состоянии покоя						
Теплота явная	140	120	90	60	40	10
Теплота полная	165	145	120	95	95	95
Влага	30	30	40	50	75	115
При легкой работе						
Теплота явная	150	120	99	65	40	5
Теплота полная	180	160	151	145	145	145
Влага	40	55	75	115	150	200
При работе средней тяжести						
Теплота явная	265	135	105	70	40	5
Теплота полная	215	210	205	200	200	200
Влага	70	110	140	185	230	280
При тяжелой работе						
Теплота явная	200	165	130	95	50	10

Задача 2.1 Определить явные и полные тепlopоступления от людей, находящихся в помещении, если задано их количество n , чел. (причем примерно третью часть составляют женщины), температура внутреннего воздуха t_{int} , °C, и вид выполняемой работы (таблица 2.2).

Пример. Определить тепlopоступления от людей, находящихся в помещении в состоянии покоя, если температура воздуха в помещении 20° C. Общее количество 300 чел., в том числе 180 мужчин и 120 женщин.

Решение. Приняв по таблице 2.1 количество теплоты, выделяемой одним человеком $q_{я}=90$ Вт/чел, $q_{п}=120$ Вт/чел, определяем общее количество явных тепловыделений по формуле (2.1) $Q_{я}=90 \cdot 180 + 90 \cdot 0,85 \cdot 120 = 25380$ и полных тепловыделений $Q_{п}=120 \cdot 180 + 120 \cdot 0,85 \cdot 120 = 33840$

Таблица 2.2 – Исходные данные к задаче 2.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вид работы	легкая	сост.покоя	средн. тяж.	тяжелая	легкая	сост.покоя	средн. тяж.	тяжелая	легкая	сост.покоя	средн. тяж.	тяжелая	легкая
$t_{int}, ^\circ\text{C}$	20	22	19	16	21	21	18	15	20	23	20	16	22
n, чел.	15	350	25	30	150	200	30	35	100	250	40	25	80

Вариант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25
Вид работы	сост.покоя	средн. тяж.	тяжелая	легкая	сост.покоя	средн.тяж.	тяжелая	легкая	сост.покоя	средн.тяж.	тяжелая	легкая	сост.покоя
$t_{int}, ^\circ\text{C}$	22	19	15	19	23	18	15	20	22	19	16	18	21
n, чел.	300	45	30	75	250	50	45	110	400	55	25	100	500

2.2 Теплопоступления от источников искусственного освещения

Теплопоступления от источников искусственного освещения учитываются в холодный период года, за исключением помещений, перечисленных в примечаниях к таблице 2.3, где их следует учитывать в теплый и переходный периоды года.

Если мощность светильника неизвестна, то тепловыделения от источников света $Q_{\text{осв.}}$, Вт, можно определить по формуле

$$Q_{\text{осв.}} = E \cdot A_{\text{пл}} \cdot q_{\text{осв.}} \cdot \eta_{\text{осв.}}, \quad (2.2)$$

где E – освещённость рабочих мест, лк (таблица 2.3);

$A_{\text{пл}}$ – площадь пола помещения, м²;

$q_{\text{осв.}}$ – удельные тепловыделения от ламп, Вт/(м²·лк) (таблица 2.4);

$\eta_{\text{осв.}}$ – доля теплоты, поступающей в помещение (таблица 2.5).

Таблица 2.3 – Уровень общего освещения помещений

Помещения	Общая освещённость помещения E , лк
Общественные здания	
Проектные залы, конструкторские бюро	600
Читальные залы, проектные кабинеты, рабочие и классные комнаты и аудитории	300
Залы заседаний, спортивные, актовые, зрительные залы клубов, фойе театров, обеденные залы, буфеты	200
Крытые бассейны, фойе клубов и кинотеатров	150
Номера гостиниц	100
Зрительные залы кинотеатров, палаты и спальные комнаты санаториев	75
Торговые залы магазинов продовольственных товаров	400
То же, промышленных товаров	300
То же хозяйственных товаров	200
Аптеки	150
Производственные здания	
Отделения литейных цехов	100-150
Кузнечные, термические, сборочные, малярные, гальванические цехи	150
Механические, деревообрабатывающие цехи	200
Гаражи, станции техобслуживания	150-200

Примечания

1. Для помещений без световых проемов (зрительные залы и т.п.) теплопоступления от освещения учитывают во все периоды года в одинаковом размере. Теплопоступления от солнечной радиации в теплый и переходный период года учитываются, только если такое помещение находится на последнем или единственном этаже – это будут теплопоступления через покрытие или чердачное перекрытие.

2. При "глубоких" помещениях (глубиной больше 6 м от оконных проемов) теплопоступления от освещения учитывают также в теплый и переходный период от источников, освещающих ту часть помещения, которая удалена от окон более чем на 6 м от окон, совместно с теплопоступлениями от солнечной радиации.

3. Частичный учет теплоты от искусственного освещения в теплый и переходный периоды года с коэффициентом 0,3...0,5 по сравнению с холодным периодом года также возможен в помещениях, в которых часть светильников работает днем (читальные залы, офисы, залы ресторанов и т.п.).

Таблица 2.4 – Удельные тепловыделения от светильников с люминисцентными лампами (верхние значения) и лампами накаливания (нижние значения)

Тип светильника	Средние удельные тепловыделения $q_{осв}$, Вт/(м ² ·лк), для помещений площадью, м ²					
	Менее 50		50-200		Более 200	
	При высоте помещения, м					
	До 3,6	Более 4,2	До 3,6	Более 4,2	До 3,6	Более 4,2
Прямого света	0,077	0,202	0,058	0,074	0,056	0,067
	0,212	0,280	0,160	0,204	0,154	0,187
Диффузного света	0,116	0,166	0,079	0,102	0,077	0,094
	0,319	0,456	0,217	0,280	0,212	0,268
Отраженного света	0,161	0,264	0,154	0,264	0,108	0,145
	0,443	0,726	0,424	0,726	0,297	0,399

Таблица 2.5 – Доли теплоты, $q_{\text{осв.}}$, излучаемого источником света, поступающие в рабочую (числитель) и верхнюю (знаменатель) зоны помещения.

Тип источника освещения	Способ установки светильника			
	У потолка	> 0,5 м от потолка	За подшивным потолком	Вентилируемый светильник
Лампы накаливания	$\frac{1}{0}$	$\frac{0,9}{0,1}$	$\frac{0,85}{0,15}$	$\frac{0,8}{0,2}$
	$\frac{1}{0}$	$\frac{0,7}{0,3}$	$\frac{0,6}{0,4}$	$\frac{0,5}{0,5}$

Пример. Определить теплоступления от искусственного освещения люминисцентными лампами в зону обслуживания читального зала библиотеки площадью 150 м^2 , высотой $4,5 \text{ м}$. Светильники установлены за подшивным потолком.

Решение. По таблице 2.3 определяем освещенность в помещении читального зала $E=300 \text{ лк}$. Удельные тепловыделения от люминисцентных ламп в соответствии с таблицей 2.4 составляют $q_{\text{осв}} = 0,074 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{лк})$. Доля теплоты, излучаемой источником света, поступающей в зону обслуживания помещения $\eta_{\text{осв.}} = 0,6$. Тогда по формуле (2.2) $Q_{\text{осв.}} = 300 \cdot 150 \cdot 0,074 \cdot 0,6 = 1998 \text{ Вт}$.

2.3 Тепловыделения от электродвигателей и приводимых ими в действие станков и оборудования

Тепловыделения от электродвигателей и приводимых ими в действие станков и оборудования $Q_{\text{эл.дв.}}$, Вт, определяются по формуле

$$Q_{\text{эл.дв.}} = 10^3 N_y K_{\text{и}} K_{\text{з}} K_{\text{о}} (1 - \eta_{\text{п}} + K_{\text{т}} \eta_{\text{п}}), \quad (2.3)$$

где N_y – номинальная установочная мощность электродвигателя, кВт;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования установочной мощности ($K_{\text{и}}=0,7-0,9$);

$K_{\text{з}}$ – коэффициент загрузки двигателя ($K_{\text{з}}=0,5-0,8$);

$K_{\text{о}}$ – коэффициент одновременности работы, равный ($K_{\text{о}}=0,5-1$);

$K_{\text{т}}$ – коэффициент перехода теплоты в помещение:

$K_{\text{т}}=1$ при работе металлорежущих станков без

охлаждающей эмульсии;

$K_T=0,9$ то же с применением охлаждающей эмульсии;

$K_T=0,1$ для вентиляторов;

$K_T=0$ для насосов;

η_{II} – коэффициент полезного действия двигателя $\eta_{II}=0,75-0,92$.

Пример. Определить тепlopоступления от 8 металлорежущих станков, работающих с охлаждающей эмульсией. Мощность электродвигателя каждого станка $N_y=3,2$ кВт. Коэффициент загрузки электродвигателя $K_3=0,7$. Коэффициент полезного действия двигателя $\eta_{II}=0,82$.

Решение. Общая мощность станков составляет $3,2 \cdot 8=25,6$ кВт

По формуле (2.3) $Q_{эл.дв.}=1000 \cdot 25,6 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,8(1-0,82+0,9 \cdot 0,82) = 10530$ Вт

2.4 Тепловыделения от нагретых поверхностей

Тепловыделения от нагретых поверхностей $Q_{пов.}$, Вт, определяются по формуле

$$Q_{пов.} = (\alpha_{л} + \alpha_{к}) \cdot (t_{нов} - t_{в}) \cdot F_{пов.}, \quad (2.4)$$

где $\alpha_{л}$ и $\alpha_{к}$ – коэффициенты теплоотдачи соответственно излучением и конвекцией, Вт/(м² · °С), определяемые уравнениями:

$$\alpha_{л} = C_{пр} \left[\left(\frac{273 + t_{нов}}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_{в}}{100} \right)^4 \right] \frac{1}{t_n - t_e}; \quad (2.5)$$

$$\alpha_{к} = a \sqrt[4]{t_n - t_e}; \quad (2.6)$$

где $C_{пр}$ – приведенный коэффициент излучения тел в помещении, который принимают равным $4,9$ Вт/(м² · °К⁴);

a – коэффициент, принимаемый для горизонтальной стенки с тепловым потоком, направленным вверх, $3,26$, направленным вниз – $1,28$, для вертикальной стенки – $2,56$ и для горизонтально расположенной трубы – $2,09$;

$t_{пов.}$ – температура поверхности, °С;

t_b – температура окружающего воздуха, °С.

$F_{пов}$ – площадь нагретой поверхности, м².

Пример.

Определить поступление теплоты, Вт, от нагретых поверхностей оборудования, установленного в производственном помещении, в холодный и теплый периоды года. Температура в рабочей зоне помещения в холодный период $t_b = 21^\circ\text{C}$, в теплый $t_b = 29^\circ\text{C}$. Температура поверхности оборудования составляет $t_{пов} = 45^\circ\text{C}$. Площадь вертикальных поверхностей оборудования составляет 13,8 м², горизонтальных – 6,84 м².

Решение.

Холодный период

Коэффициент теплоотдачи излучением по формуле (2.5) в холодный период, Вт/(м²·°С)

$$\alpha_l = 4,9 \cdot \left[\left(\frac{273 + 45}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + 21}{100} \right)^4 \right] \cdot \frac{1}{45 - 21} = 5,62$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией по формуле (2.6) в холодный период, Вт/(м²·°С):

– для горизонтальной поверхности $\alpha_k = 3,26 \cdot \sqrt[4]{45 - 21} = 7,22$;

– для вертикальной поверхности $\alpha_k = 2,56 \cdot \sqrt[4]{45 - 21} = 5,67$.

Количество теплоты, Вт, поступающей от нагретых поверхностей оборудования, по формуле (2.4) в холодный период года:

– от горизонтальной поверхности: $Q_{пов.гор.} = (5,62 + 7,22) \cdot (45 - 21) \cdot 6,84 = 2110$

– от вертикальной поверхности: $Q_{пов.верт.} = (5,62 + 5,67) \cdot (45 - 21) \cdot 13,8 = 3740$

Общее количество теплоты, поступающей в помещение от оборудования в холодный период $Q_{пов.хол.} = Q_{пов.гор.} + Q_{пов.верт.} = 2110 + 3740 = 5850$

Теплый период

Коэффициент теплоотдачи излучением по формуле (2.5) в теплый период, Вт/(м²·°С)

$$\alpha_n = 4,9 \cdot \left[\left(\frac{273 + 45}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + 29}{100} \right)^4 \right] \cdot \frac{1}{45 - 29} = 5,84$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией по формуле (2.6) в теплый период, Вт/(м²·°C):

– для горизонтальной поверхности $\alpha_k = 3,26 \cdot \sqrt[4]{45 - 29} = 6,52$

– для вертикальной поверхности $\alpha_k = 2,56 \cdot \sqrt[4]{45 - 29} = 5,12$

Количество теплоты, Вт, поступающей от нагретых поверхностей оборудования, по формуле (2.4) в теплый период года:

– от горизонтальной поверхности $Q_{\text{пов.г.}} = (5,84 + 6,52) \cdot (45 - 29) \cdot 6,84 = 1353 \approx 1400$

– от вертикальной поверхности: $Q_{\text{пов.в.}} = (5,84 + 5,12) \cdot (45 - 29) \cdot 13,8 = 2420 \approx 2500$

Общее количество теплоты, поступающей в помещение от оборудования в теплый период $Q_{\text{пов.тепл.}} = Q_{\text{пов.гор.}} + Q_{\text{пов.верт.}} = 1400 + 2500 = 3900$

2.5 Теплопоступления от нагретой поверхности воды

С открытой поверхности воды теплота поступает в явном виде и в скрытом с водяными парами

Явные теплопоступления от нагретой поверхности воды $Q_{\text{воды}}^{\text{явн.}}$, Вт, определяется по формуле

$$Q_{\text{воды}}^{\text{явн.}} = (5,7 + 4,07v_{\text{пов.}}) \cdot (t_{\text{воды}} - t_{\text{в}}) \cdot F_{\text{пов.}} \quad (2.7)$$

$t_{\text{воды}}$ – температура поверхности воды, °C;

$t_{\text{в}}$ – температура воздуха в помещении, °C;

$F_{\text{пов.}}$ – площадь поверхности воды, м²;

$v_{\text{в}}$ – скорость воздуха над поверхностью воды, м/с.

Пример. Определить теплопоступления $Q_{\text{воды}}^{\text{явн.}}$, Вт, от поверхности воды в баке, имеющей температуру 80°C, в холодный и теплый периоды года. Параметры воздуха в рабочей зоне помещения в холодный период $t_{\text{в}} = 21^\circ\text{C}$, $v_{\text{в}} = 0,3$ м/с, в теплый – $t_{\text{в}} = 29^\circ\text{C}$, $v_{\text{в}} = 0,4$ м/с. Площадь поверхности воды $F_{\text{пов.}} = 8,2$ м².

Решение. Теплопоступления $Q_{\text{воды}}^{\text{явн.}}$, Вт, от поверхности воды по формуле (2.7) в теплый период

$$Q_{\text{воды}}^{\text{явн.}} = (5,7 + 4,07 \cdot 0,3) \cdot (80 - 21) \cdot 8,2 = 3347, 9 \approx 3350$$

Теплопоступления $Q_{\text{ВОДЫ}}^{\text{ЯВН.}}$, Вт, от поверхности воды по формуле (2.7) в холодный период

$$Q_{\text{ВОДЫ}}^{\text{ЯВН.}} = (5,7 + 4,07 \cdot 0,4) \cdot (80 - 29) \cdot 8,2 = 3065,4 \approx 3070$$

2.6 Поступление скрытой теплоты с поступающим в помещение водяным паром

Поступление скрытой теплоты с поступающим в помещение водяным паром (скрытой теплоты) $Q_{\text{в.п.}}$, Вт, определяется по формуле

$$Q_{\text{в.п.}} = \frac{W \cdot (r_0 + c_{\text{в.п.}} \cdot t_{\text{пов}})}{3,6}, \quad (2.8)$$

где W – влаговыделения в помещении, кг/ч (определяются по формуле (3.2);

$r_0 = 2500$ кДж/кг – удельная теплота парообразования воды при нулевой температуре;

$c_{\text{в.п.}}$ – теплоемкость водяных паров, равная 1,8 кДж/кг;

$t_{\text{пов}}$ – температура поверхности испарения, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая в зависимости от температуры воды в ванне по таблице 3.1.

Пример. Определить количество теплоты, поступившей в помещение с водяным паром (скрытой теплоты) $Q_{\text{в.п.}}$, Вт, выделившимся с открытой поверхности воды в количестве $W=0,42$ кг/ч, при температуре поверхности $t_{\text{пов}}=18^{\circ}\text{C}$.

Решение. По формуле (2.8): $Q_{\text{в.п.}} = \frac{0,42 \cdot (2500 + 1,8 \cdot 18)}{3,6} = 296$

2.7 Теплопоступления в помещении от остывания пищи

В помещениях предприятий общественного питания имеют место теплопоступления от остывания пищи (в обеденном зале) $Q_{\text{пищи}}$, Вт, а также их следует учитывать в кондитерских цехах от выпеченных изделий. Поступление **полной теплоты** от горячей пищи в обеденном зале определяется по формуле

$$Q_{\text{пищи}} = \frac{0,28 \cdot q_n \cdot c_n \cdot (t_{\text{н.н.}} - t_{\text{к.н.}}) \cdot n}{Z_n}, \quad (2.9)$$

где q_n – средняя масса всех блюд, приходящихся на одного обедающего, кг (обычно около 0,85);

c_n – условная теплоемкость блюд, входящих в состав обеда, (принимается $3,35 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$);

$t_{н.п.}, t_{к.п.}$ – начальная и конечная температура пищи, поступающей в обеденный зал, $^\circ\text{C}$, (например, соответственно 70°C и 40°C);

$Z_{п}$ – продолжительность принятия пищи одним посетителем, сек. (для ресторанов 1 ч для столовых $0,5 - 0,75$ ч для столовых с самообслуживанием – $0,3$ ч);

n – число посетителей в обеденном зале.

Одна треть величины $Q_{\text{пищи}}$ поступает в помещение в виде явной теплоты, а две трети – в виде скрытой.

Пример. Определить тепlopоступления от остывания пищи в обеденном зале столовой самообслуживания, рассчитанной на 35 посетителей.

Решение. Тепlopоступления от остывания пищи (в обеденном зале) $Q_{\text{пищи}}$, Вт, по формуле (2.9) $Q_{\text{пищи}}$

$$Q_{\text{пищи}} = \frac{0,28 \cdot 0,85 \cdot 3,35 (70 - 40) 35}{0,3} = 2790$$

Поступление явной теплоты $2790 \cdot 3 = 930$

Поступление скрытой теплоты $2790 \cdot 3 \cdot 2 = 1860$

2.8 Тепловыделения от остывающих материалов

Остывающий в цехе материал отдает теплоту как конвекцией, так и излучением. Теплоотдача конвекцией Q_m , Вт, определяется по формуле

$$Q_m = 0,278 \cdot G \cdot c \cdot \tau (t_n - t_k) \bar{V}, \quad (2.10)$$

где G – масса материала, кг/ч;

c – массовая теплоёмкость материала, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$;

t_n – начальная температура материала, $^\circ\text{C}$;

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

τ – время нахождения материала в цехе, ч;

\bar{V} – коэффициент тепловыделений, определяемый по времени нахождения изделий в цехе. Для несыпучих материалов $\bar{V} = 0,5$ в течение 1 ч, $\bar{V} = 0,3$ – до 2 ч, $\bar{V} = 0,2$ – до 3 ч; для сыпучих материалов, соответственно – $0,4, 0,25, 0,15$.

Пример. В термическом цехе производится разгрузка стали из печей два раза в смену. Температура технологического про-

цесса $t_{пр.}=1000$ °С, температура воздуха в цехе 16 °С. Металлические заготовки массой $G=15$ кг находятся в цехе 3 часа. Определить теплоступления в цех от остывающего металла.

Решение. Начальная температура металла равна температуре процесса $t_n = t_{пр.}=1000$ °С. Средняя теплоемкость стали $c=0,68$ кДж/(кг·К) (таблица 2.6). Количество теплоты, выделившееся за время нахождения заготовок в цехе Q_m , Вт, по формуле (2.10)

$$Q_m=0,278 \cdot 15 \cdot 0,68 \cdot 2 \cdot 3(1000-16) \cdot 0,2=3348,4 \approx 3350$$

В рабочую зону поступает около 60% полных тепловыделений, что составит $3350 \cdot 0,6=2010$ Вт, остальная часть, т.е. $3350-2010=1340$ Вт – в верхнюю зону.

Таблица 2.6 – Средние теплоемкости металлов

Наименование металла	Средняя теплоемкость металла, кДж/(кг·К), при температуре, °С					
	200	400	600	800	1000	1200
Сталь	0,49	0,54	0,59	0,63	0,68	0,68
Чугун	0,56	0,59	0,62	0,7	0,73	0,91
Алюминий	0,95	0,96	0,98	1,35	0,37	–

2.9 Теплоступления от оргтехники

В офисных и других служебных помещениях обычно установлены компьютеры и оргтехника. Теплоступления от оборудования зависят в первую очередь от потребляемой мощности и частоты использования. В общем случае теплоступления от оргтехники $Q_{орг.}$, Вт, могут быть определены по формуле

$$Q_{орг.} = \sum N_{орг.} \cdot K_1 \cdot K_2 ,$$

где $N_{орг.}$ – потребляемая мощность всех видов оргтехники, установленных в помещении, Вт;

K_1 – коэффициент перехода электроэнергии в тепловую (1 – 0,8);

K_2 – коэффициент использования оборудования (как правило, оборудование используется от 30 до 80% рабочего времени).

Потребляемая мощность:

- компьютера (системный блок и монитор) – 200-600 Вт;
- лазерного принтера – 200-600 Вт;
- копировального аппарата – 200-600 Вт;

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАГОПОСТУПЛЕНИЙ (ВОДЯНЫХ ПАРОВ) В ПОМЕЩЕНИЕ

Источниками влаговыделений в помещении могут быть люди, промышленные ванны с горячей водой, смоченные поверхности изделий, мокрый пол, горячая пища и др.

3.1 Влагодоступления от людей

Приток влаги от людей зависит от тяжести выполняемой работы, температуры и подвижности воздуха, температуры окружающих поверхностей. Влаговыделения от людей $W_{л}$, г/ч, определяют по формуле

$$W_{л} = w \cdot n, \quad (3.1)$$

где w – влаговыделения от одного человека, г/ч (таблица 2.1);
 n – количество людей в помещении.

Пример. Определить влагодоступления от людей, находящихся в помещении в состоянии покоя, если температура воздуха в помещении 20°С. Общее количество 300 чел.

Решение. Приняв по таблице 2.1 количество влаги, выделяемой одним человеком $w = 40$ г/(ч·чел), определяем общее количество влагодоступлений по формуле (3.1) $W_{л} = 40 \cdot 300 = 12000$ г/ч = 12 кг/ч.

3.2 Влаговыделения с открытой поверхности воды

Количество влаги, испаряющейся в помещении с открыто расположенной поверхности некипящей воды $W_{от}$, кг/ч, при условии, что температура воды больше температуры окружающего воздуха, определяют по формуле

$$W_{от} = (a + 0,131 \cdot v_{в}) \cdot (p_{нов} - p_{окр}) \cdot \frac{101,325}{p_{б}} \cdot F, \quad (3.2)$$

где a – фактор гравитационной подвижности окружающего воздуха, зависящий от температуры поверхности испарения (таблица 3.1);

$v_{в}$ – скорость движения воздуха над поверхностью воды, м/с. Принимается равной подвижности воздуха для соответствующего периода года (для спокойного воздуха). При принудительном движении $v = 0,5$ (местный отсос, приток);

Вентиляция. Часть 1

$p_{пов}$ – парциальное давление пара при температуре поверхности испарения жидкости и полном насыщении, кПа (таблица 3.2). Если вода перемешивается, то температуру поверхности $t_{пов.,}$ °С можно принять равной температуре воды. При спокойной воде температуру поверхности $t_{пов.,}$ °С в зависимости от температуры воды принять по таблице 3.1.

$p_{окр}$ – парциальное давление пара в окружающем воздухе, кПа; (определяется по i-d-диаграмме при расчетных параметрах – температуре и влажности – внутреннего воздуха);

$p_б$ – расчетное барометрическое давление для данного географического пункта, кПа [2];

F – площадь поверхности испарения, м².

При наличии бортовых отсосов у ванн с водой количество влаги, поступающей в воздух помещения, может быть уменьшено на 15 – 25%.

Таблица 3.1 – Значение температуры поверхности испарения $t_{пов.,}$ фактора гравитационной подвижности окружающей среды в зависимости от температуры воды $t_{воды}$

Температура воды $t_{воды},$ °С	20	30	40	50	60	70	80	90
Температура поверхности испарения для некипящей жидкости $t_{пов.,}$ °С	18	28	37	45	51	58	69	82
Фактор гравитационной подвижности a	0,216	0,216	0,232	0,248	0,276	0,303	0,343	0,383

Вентиляция. Часть 1

Таблица 3.2 – Давление паров, насыщающих воздух при нормальном атмосферном давлении и температуре поверхности воды

Температура, $t_{пов.,} \text{ } ^\circ\text{C}$	Давление пара $p_{пов.,}$ кПа	Температура, $t_{пов.,} \text{ } ^\circ\text{C}$	Давление пара $p_{пов.,}$ кПа	Температура, $t_{пов.,} \text{ } ^\circ\text{C}$	Давление пара $p_{пов.,}$ кПа
0	0,6	34	5,31	68	28,56
2	0,71	36	5,94	70	31,16
4	0,81	38	6,62	72	33,94
6	0,93	40	7,38	74	36,96
8	1,07	42	8,2	76	40,18
10	1,23	44	9,1	78	43,64
12	1,4	46	10,9	80	47,34
14	1,6	48	11,16	82	51,32
16	1,82	50	12,33	84	55,57
18	2,06	52	13,61	86	60,12
20	2,34	54	15	88	64,94
22	2,64	56	16,51	90	70,1
24	2,98	58	18,15	92	75,59
26	3,36	60	19,92	94	81,45
28	3,78	62	21,84	96	87,67
30	4,24	64	23,9	98	94,3
32	4,75	66	26,14	100	101,33

Пример. Определить влагопоступление с открытой поверхности ванны при температуре воды $t_{воды}=20^\circ\text{C}$. Температура воздуха в помещении $t_{в}=29^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха $\phi=50\%$, скорость движения воздуха над зеркалом испарения $v_{в}=0,3$ м/с. Общая поверхность зеркала испарения $F=30$ м², барометрическое давление $p_{б}=101,325$ кПа.

Решение. По таблице 3.1 определяем $t_{пов.} = 18^\circ\text{C}$ и $a=0,216$. Давление водяных паров, насыщающих воздух при $t_{пов.} = 18^\circ\text{C}$ составляет $p_{пов.}=2,06$ кПа (таблица 3,2). При $t_{в}=29^\circ\text{C}$ и $\phi=50\%$ по $i-d$ -диаграмме определяем $p_{окр}=2,0$ кПа. По формуле 3.2 количество влаги, испаряющейся с открытой поверхности воды $W_{от}$, кг/ч составит

$$W_{от} = (0,216 + 0,131 \cdot 0,3) \cdot (2,06 - 2,0) \cdot \frac{101,325}{101,325} \cdot 30 = 0,42$$

3.3 Влаговыведения со смоченных поверхностей

Влаговыведения со смоченной поверхности оборудования или пола W_{II} , кг/ч, определяют по приближенной формуле

$$W_{II} = 6F \cdot (t_c - t_M) \cdot 10^{-3}, \quad (3.3)$$

где F – площадь мокрой поверхности пола, м²;
 t_c – температура воздуха в помещении по сухому термометру, °С;
 t_M – температура воздуха в помещении по мокрому термометру, °С;

3.4 Влаговыведения с открытой поверхности кипящей воды

Влаговыведения с поверхности кипящей воды $W_{кип}$, кг/ч, зависят от количества подводимой к воде теплоты и характера укрытия кипящей воды и может быть определено по формуле

$$W_{кип.} = 3,6 \cdot K_{ук.} \cdot \frac{Q}{r},$$

где $K_{ук.}$ – опытный коэффициент, принимаемый в зависимости от типа местного укрытия; $K_{ук.}=0,1$ – при устройстве плотных укрытий без отсоса воздуха; $K_{ук.}=0,2 - 0,25$ – при отсосе воздуха;

Q – мощность теплового источника испарения, Вт;

r – скрытая теплота испарения, кДж/кг; $r \sim 220$.

Ориентировочно интенсивность испарения может быть принята равной 40 – 50 кг/ч с 1 м² поверхности, если теплота поступает через змеевики.

3.5 Влаговыведения при сушке материалов

Влаговыведения от влажных материалов при их сушке W_M , кг/ч, определяют путем взвешивания их до и после сушки и затем рассчитывают по формуле

$$W_M = \frac{60 \cdot (G_H - G_K)}{\tau}, \quad (3.4)$$

где G_n, G_k – соответственно начальная и конечная масса материала, кг;
 t – время пребывания материала в цехе, за которое масса уменьшилась с G_n до G_k ;

3.6 Влаговыведения при работе металлообрабатывающих станков с применением охлаждающих эмульсий

Влаговыведения при работе металлообрабатывающих станков с применением охлаждающих эмульсий $W_{охл}$, г/ч, принимают в размере 150 –180 г/ч на 1 кВт установленной мощности станков, т.е.

$$W_{охл}=(150-180)N_{уст.}, \quad (3.5)$$

где $N_{уст}$ – установочная мощность станков, кВт.

3.7 Влаговыведения от химических реакций

Влаговыведения, образующиеся при химических реакциях, например, при процессах горения, определяются по соответствующим химическим формулам или по опытным данным. Так, например, выделение влаги при сгорании 1 кг ацетилена составляет 0,7 кг, бензина – 1,4 кг, природного газа – 1,3 кг.

Кроме выделения, влага может поглощаться материалами, обладающими гигроскопическими свойствами, а также в результате конденсации водяных паров на поверхностях, температура которых ниже температуры точки росы воздуха. Так, например, количество влаги, поглощаемой бумагой и картоном $W_{погл}$, кг/ч, может быть подсчитано по формуле

$$W_{погл}=(0,02 - 0,03) \cdot M_{бум}, \quad (3.6)$$

где $M_{бум}$ – масса бумаги, кг, обрабатываемая в течение 1 ч.

4 ГАЗОПОСТУПЛЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯ

В помещениях имеются самые разнообразные источники поступления вредных газов и паров. Прежде всего сюда относятся: выделения со свободных поверхностей жидкостей; утечки через неплотности аппаратуры и трубопроводов; выделения продуктов сгорания при сжигании топлива и работе двигателей; выделения при различных технологических операциях (окраске, гальванизации, травлении металлов, сварке). Количество выделяющихся вредных газов и паров определяют по данным технологам или рассчитывают.

4.1 Выделение углекислого газа CO_2 , выдыхаемого людьми

Собственно углекислый газ не является ядовитым и вредным для человека, поэтому мы спокойно пьем газированную воду. Однако причиной его образования в общественных зданиях является дыхание людей, при котором из воздуха помещения потребляется кислород. Поэтому наличие углекислого газа является свидетельством понижения концентрации кислорода, что негативно сказывается на самочувствии человека. Именно поэтому углекислый газ относят к вредным выделениям, и для него существуют рекомендуемые допустимые концентрации.

Выделение углекислого газа CO_2 с выдыхаемым людьми воздухом зависит только от интенсивности выполняемой работы, поэтому одинаково для всех периодов года.

Количество выдыхаемого углекислого газа G_{CO_2} , г/ч, определяют по формуле

$$G_{CO_2} = g \cdot n, \quad (4.1)$$

где g – газовыделения одним человеком, г/ч (таблица 4.1);
 n – число людей в помещении.

Таблица 4.1 – Количество углекислого газа, выделяемого взрослыми людьми (мужчинами)

Характер работы	Количество выдыхаемого углекислого газа g , л/ч, одним человеком
Состояние покоя	18
Легкая физическая работа	25
Работа средней тяжести	35
Тяжелая физическая работа	50

4.2 Газопоступления с открытой поверхности раствора при испарении

Количество паров, $G_{исп}$, кг/ч, испаряемых со свободной поверхности жидкости в окружающий воздух, определяют по формуле

$$G_{исп} = 0,93 \cdot K_t \cdot D \cdot (c_{II} - c_O) \cdot L^{K_{M.O.}} \cdot b^{0,1} \cdot F, \quad (4.2)$$

где K_t – коэффициент, зависящий от разности температур поверхности жидкости и окружающего воздуха (из справочника)

Δt	10	20	30
K_t	0,614	0,58	0,54

c_{II} , c_O – концентрации паров вещества соответственно на поверхности раствора и в окружающем воздухе, кг/м³, определяемые по их парциальным давлениям зависимостью

$$c = \frac{\mu}{29,2} \cdot \frac{p}{B - p} \cdot \rho_{в}, \quad (4.3)$$

где μ – молярная масса вещества, кг/кмоль
 p – парциальное давление паров вещества для данной температуры, Па;
 $\rho_{в}$ – плотность воздуха, кг/ м³;
 B – барометрическое давление, Па;

L – расход воздуха, удаляемого местным отсосом, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 $K_{\text{м.о.}}$ – коэффициент местного отсоса, принимаемый при работающем местном отсосе равным 0,9, при неработающем – 0;
 b – ширина ванны поверхности испарения, м ;
 F – площадь поверхности испарения, м^2 ;
 D – коэффициент диффузии пара в воздухе $\text{м}^2/\text{ч}$;

$$D = D_0 \cdot \left(\frac{273 + t_{\text{жс}}}{273} \right)^2 \cdot \frac{101,325}{B}, \quad (4.4)$$

где D_0 – коэффициент диффузии при нормальных условиях ($t=0$ °С, $p=763$ мм рт. ст.), $\text{м}^2/\text{ч}$; для водяного пара $D_0=0,0754$; для хлористого водорода $D_0 = 0,047$; для цианистого водорода $D_0 = 0,062$; для азотной кислоты $D_0 = 0,033$;
 B – барометрическое давление, кПа.

4.3 Газовыделения при окрасочных работах

Это пары растворителей (летучие вещества), входящие в состав красок и лаков. После их нанесения на окрашенной поверхности образуется пленка, толщина и твердость которой со временем увеличиваются. Интенсивность выделения летучих в этом случае зависит от физико-химических свойств лакокрасочных материалов, а также от метеорологических условий воздушной среды. По интенсивности выделения летучих различают три периода начальный, характеризующийся ростом выделений до некоторого максимального значения; основной, когда скорость выделения летучих примерно постоянна; конечный, когда окраска прекращена и выделение летучих уменьшается.

Для начального и основного периодов высыхания, а также при нанесении лакокрасочного материала кистевым способом количество летучих, G , $\text{кг}/\text{ч}$, определяют по формуле

$$G = G_{\text{окр}} \cdot m \cdot \left[1 - \frac{1}{k \cdot \tau} \cdot (1 - e^{-k\tau}) \right], \quad (4.5)$$

где $G_{\text{окр}}$ – расход лакокрасочного материала, $\text{кг}/\text{ч}$;
 m – доля компонентов в растворителе (таблица 4.2);
 τ – время высыхания с момента нанесения краски, мин.;
 k – суммарный коэффициент, учитывающий интенсивность

испарения растворителя

$$k = k_{20} \cdot k_t \cdot k_g \cdot k_q \cdot k_r \cdot k_\varphi, \quad (4.6)$$

где k_{20} – коэффициент интенсивности испарения при определенных метеорологических условиях ($t_b=20$ °С, $\varphi=50-70\%$, $v_b=0$ м/с) (таблица 4.3);

k_t – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха в помещении (рисунок 4.1);

k_g – коэффициент, учитывающий влияние подвижности воздуха в помещении (рисунок 4.1);

k_q – коэффициент, учитывающий влияние толщины слоя краски, который зависит от удельного расхода материала q , кг/м², (рис.4.1);

k_r – коэффициент, учитывающий расположение окрашиваемой поверхности: 1 – для вертикальных поверхностей, 0,7 – для горизонтальных, обращенных вверх, 1,3 – для обращенных вниз;

k_φ – коэффициент, учитывающий влияние влажности воздуха в помещении (рисунок 4.1).

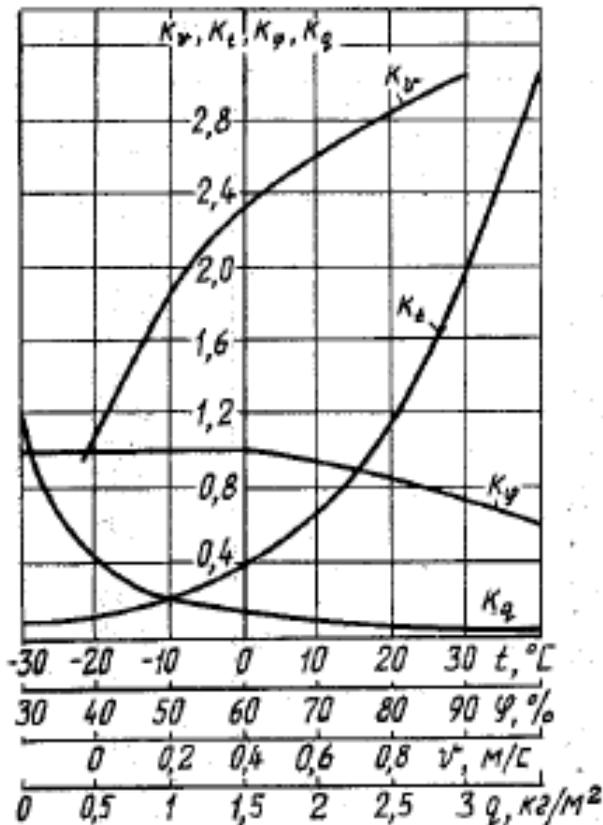
Таблица 4.2 – Состав лакокрасочных материалов

Лакокрасочные материалы	Растворитель	Компоненты	Массовое содержание, %
Перхлорвиниловые	P-4	Бутилацетат,	12
		ацетон,	26
		толуол	62
Нитроцеллюлозные, нитроглифталевые, эпоксидные, молотковые	№ 646	Бутилацетат,	16
		этилцеллюлоль,	8
		ацетон,	7
		бутиловый спирт,	15
		толуол,	50
этиловый спирт	10		
Алкидно-акриловые фенольные		Уайт-спирит,	50
		ксилол	50
Масляные эмали и битумные лаки	PC-2	Уайт-спирит,	70
		ксилол	30
Мочевино- и меламино-фенолформальдегидные	РКБ-1	Ксилол,	50
		бутиловый спирт	50

Вентиляция. Часть 1

 Таблица 4.3 – Значение коэффициента k_{20}

Лакокрасочные материалы		k_{20}
Наименование	Марка	
Грунтовки		
Грифталевые	ГФ-020	0,1
	ГФ-138	0,05
Поливинилацетатные	ВЛ-02	0,15
	ВЛ-023	0,16
Фенольные	Фл-03к	0,04
Лаки		
Бакелитовые	АВС-1	0,12
Глифталевые		0,05
Краски и эмали		
Пентафталевые	ПФ-115	0,01
	ПФ-218	0,04
Эпоксидные	ЭП-755	0,11
Перхлорвиниловые	ХВ-16	0,10
Шпатлевки		
Эпоксидные	ЭП-00-10	0,1


 Рисунок 4.1 – Определение коэффициентов k_t, k_u, k_q, k_f

Пример. Определить количество выделяющихся паров растворителя Р-4 при кистевой окраске грунтом ГФ-020 вертикальной поверхности площадью $A=50 \text{ м}^2$ в течение времени $t=60$ мин. Температура воздуха в помещении $t_b=25 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность $\varphi=65\%$, подвижность воздуха $v_b=0,5 \text{ м/с}$.

Удельный расход лакокрасочного материала $q=0,5 \text{ кг/м}^2$.

Решение. По таблице 4.3 находим $k_{20}=0,1$. По рисунку 4.1: $k_t=1,5$; $k_u=2,5$; $k_q=0,4$; $k_f=1$. По формуле (4.6) вычисляем суммарный коэффициент, учитывающий интенсивность испарения растворителя $k=0,1 \cdot 1,5 \cdot 2,5 \cdot 0,4 \cdot 1 = 0,15$.

Находим общий расход грунта $G_{\text{окр}} = q \cdot A$; $G_{\text{окр}} = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ кг/ч}$.

По таблице 4.2 определяем долю каждого компонента рас-

творителя –бутилацетата, ацетона, толуола: $m_6 = 0,12$; $m_a = 0,26$; $m_T = 0,62$.

Пол формуле (4.5) вычисляем количество выделяющихся компонентов растворителя бутилацетата G_6 , ацетона G_a , толуола G_T , кг/ч.

$$G_6 = 25 \cdot 0,12 \left[1 - \frac{1}{0,15 \cdot 60} (1 - 2,718^{-0,15 \cdot 60}) \right] = 25 \cdot 0,12 \cdot 0,89 = 2,67;$$

$$G_a = 25 \cdot 0,26 \cdot 0,89 = 5,79; \quad G_T = 25 \cdot 0,62 \cdot 0,89 = 13,8.$$

4.4 Количество вредных газов, выделяющихся при работе автомобилей

В помещениях постов технического обслуживания (ТО) и технического регулирования (ТР) автомобилей, стоянках и других постах на автотранспортных предприятиях, связанных с работой двигателей автомобилей, основными вредными выделениями являются окись углерода и окислы азота, альдегиды.

Количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения стоянки M_j , г/с,, определяется по формуле [9]

$$M_j = 10^{-3} \sum_{i=1}^n \frac{q_i \cdot L \cdot A_э \cdot K_c}{t_в \cdot 3,6} \quad (4.7)$$

где M_j – масса выброса i -го загрязняющего вещества, г/с;

q_i – удельный выброс загрязняющего вещества одним автомобилем, i -го типа г/км (таблица 4.4);

L – условный пробег одного автомобиля за цикл на территории предприятия с учетом времени запуска двигателя, движения по территории, времени работы в зонах ТО и ТР, км, (таблица 4.5);

$A_э$ – эксплуатационное количество автомобилей на стоянках с учетом коэффициента выпуска (количество автомобилей, поступающих в зону ТО и ТР) устанавливается технологической частью проекта;

K_c – коэффициент, учитывающий влияние движения автомобиля (скорость) автомобиля (таблица 4.6);

$t_в$ – время выпуска или возврата автомобилей, устанавливается технологами, ориентировочно принимать 1 час.

Таблица 4.4 – Удельные выбросы вредных веществ автомобилем, q , г/км, с бензиновым двигателем (ОНТП 01-91)

Автомобили легковые	CO	CH	NO _x
Очень малого и малого классов	17,2	1,4	0,55
Среднего класса	20,8	1,3	0,63

Таблица 4.5 – Условный пробег легкового автомобиля за цикл (въезд или выезд) (ОНТП 01-91)

Вид стоянки	Условный пробег L, км	
	въезд	выезд
Открытая стоянка с подогревом	0,3	0,8
Теплая закрытая стоянка манежная	0,25	0,7
Теплая закрытая стоянка боксовая	0,1	0,5

Таблица 4.6 – Коэффициент влияния режима скорости и способа хранения на количество вредностей (ОНТП 01-91)

Способы хранения и режим движения	Коэффициент корректирования, K_c		
	CO	CH	NO _x
Открытая стоянка с подогревом и скоростью движения 10 км/ч	1,2	1,1	1,0
То же, без подогрева $t_n < 0^\circ\text{C}$	2,0	1,6	1,0
Закрытая стоянка и скорость движения 5 км/ч	1,4	1,2	1,0

Пример Определить количество вредных газов выделяющихся от двигателей автомобилей на закрытой теплой стоянке станции техобслуживания автомобилей:

- автомобили легкового класса (1,2-1,8 л): 4 шт.
- автомобили среднего класса (1,8-3,5 л): 4 шт.

Решение Количество загрязняющих веществ, M_j , г/с, выделяемых в атмосферу от двигателей автомобилей, определенное по формуле (4.7), будет следующим:

По CO:

$$M_{CO} = 10^{-3} \left[\begin{array}{l} (17,2 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 1,4) \cdot 0,08 + (20,8 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 1,4) \cdot 0,08 + (17,2 \cdot 0,1 \cdot 4 \cdot 1,4) \cdot 0,02 \\ + (20,8 \cdot 0,1 \cdot 4 \cdot 1,4) \cdot 0,02 \end{array} \right] / 1 \cdot 3,6 = 0,0025$$

По СН:

$$M_{CH} = 10^{-3} \left[\begin{array}{l} (1,4 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 1,2) \cdot 0,08 + (1,3 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 1,2) \cdot 0,08 + (1,4 \cdot 0,1 \cdot 4 \cdot 1,2) \cdot 0,02 + \\ (1,3 \cdot 0,1 \cdot 4 \cdot 1,2) \cdot 0,02 \end{array} \right] / 1 \cdot 3,6 = 0,00015$$

По NO:

$$M_{NO_2} = 10^{-3} \left[\begin{array}{l} (0,55 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 1,0) \cdot 0,08 + (0,63 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 1,0) \cdot 0,08 + (0,55 \cdot 0,1 \cdot 4 \cdot 1,0) \cdot 0,02 + \\ (0,63 \cdot 0,1 \cdot 4 \cdot 1,0) \cdot 0,02 \end{array} \right] / 1 \cdot 3,6 = 0,000055$$

4.5 Количество газов и паров, проникающих через неплотности технологических аппаратов и трубопроводов

Количество газов и паров, проникающих через неплотности технологических аппаратов и трубопроводов, G_n , кг/ч, работающих под давлением, вычисляется по ориентировочной формуле Н.Н.Репина

$$G_n = k \cdot c \cdot V \cdot \sqrt{\frac{\mu}{T}}, \quad (4.8)$$

где k – коэффициент запаса, учитывающий степень износа оборудования;
 c – коэффициент, зависящий от давления газов или паров в аппаратуре;
 V – внутренний объем аппаратуры и коммуникаций, находящихся под давлением, m^3 ;
 μ – молекулярная масса газов или паров в аппаратуре, г/моль;
 T – абсолютная температура паров или газов, находящихся в аппаратуре, $^{\circ}K$.

4.6 Газовыделения при сварочных работах

Существует много видов сварки и почти все они сопровождаются выделением в воздушную среду сварочной пыли, окиси углерода, окислов азота и других вредных веществ. Выделения газов при различных способах сварочных работ и применяемых материалов приводятся в специальных таблицах.

5 ВЫБОР ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Для определения величины воздухообмена с целью обеспечения в рабочей или обслуживаемой зоне требуемых параметров микроклимата следует принять **принципиальную схему организации воздухообмена**, выбор которой определяется целым рядом факторов, но в основном зависят от вида и характера распространения вредностей по помещению. В каждом случае следует учитывать все особенности рассматриваемого помещения, но при этом следует руководствоваться общими принципами организации воздухообмена, а также требованиями, изложенными в [1].

Общие правила, касающиеся всех типов помещений – это:

- удаление загрязненного воздуха следует осуществлять непосредственно у мест выделения вредностей, при этом вытяжной воздух не должен проходить через зону дыхания человека;
- общеобменный приток должен осуществляться в наиболее чистую часть помещения, а общеобменная вытяжка – из наиболее загрязненной или имеющей наиболее высокую температуру и энтальпию зоны, при этом приточный воздух не должен проходить через загрязненную часть помещения;
- в помещении, в здании в целом или в отдельных его частях должен быть обеспечен баланс между количеством приточного и вытяжного воздуха (за исключением случаев, предусмотренных в [1]);
- при наличии смежных «чистых» и «загрязненных» помещений соотношение между притоком и вытяжкой принимают таким, чтобы обеспечить переток (направление и количество воздуха) из «чистых» в «загрязненные» помещения.

5.1 Жилые здания

В соответствии с [12] в **зданиях жилых многоквартирных** вентиляция может быть:

- с естественным притоком и удалением воздуха;
- с механическим побуждением притока и удаления воздуха, в том числе совмещенная с воздушным отоплением;
- комбинированная с естественным притоком и удалением воздуха с частичным использованием механического побуждения.

В жилых комнатах и кухне приток воздуха обеспечивается через регулируемые оконные створки, фрамуги, форточки, клапаны или другие устройства, в том числе автономные стеновые воздушные клапаны с регулируемым открыванием.

Удаление воздуха следует осуществлять из кухонь, уборных, ванных комнат и, при необходимости, из других комнат квартир, при этом необходимо предусматривать установку на вытяжных каналах и воздуховодах регулируемых вентиляционных решеток и клапанов.

5.2 Общественные здания и сооружения

5.2.1 Здания административных учреждений, проектных и научно-исследовательских организаций

Воздухообмен в помещениях проектных залов, кабинетах, библиотеках и других служебных помещениях следует, как правило, организовывать по схеме «сверху–вверх». В конференц-залах и залах совещаний, где допускается применение рециркуляции, имеет место схема «сверху–вниз–вверх».

В лабораторных помещениях НИИ, где предусматривается работа с вредными веществами, необходима местная вытяжная вентиляция от лабораторных шкафов. Рециркуляция не допускается. Подача приточного воздуха непосредственно в помещения лабораторий должна осуществляться в размере 90% от количества воздуха, удаляемого местными вытяжными системами, а в коридор и холл – остальные 10%.

Для помещений, не оборудованных системой механической приточной вентиляции, предусматриваются открывающиеся регулируемые форточки или воздушные клапаны для подачи наружного воздуха.

5.2.2 Детские образовательные организации (ДОО)

В помещениях **детских садов-яслей** проектируют приточно-вытяжную вентиляцию с естественным побуждением

В помещениях групповых и спальнях групповых ячеек дошкольных учреждений для климатических районов П – Удолжно быть предусмотрено сквозное или угловое проветривание помещений, в том числе через коридор или смежное помещение [14]).

Удаление воздуха из помещений ДОО, имеющие сквозное проветривание, допускается предусматривать через групповые помещения. [14] .

5.2.3 Общеобразовательные школы, школы-интернаты и профессионально-технические училища

В учебных помещениях общеобразовательных школ, школ-интернатов и профессионально-технических училищ проектируется приточно-вытяжная вентиляция. При проектировании **приточной** вентиляции с механическим побуждением или децентрализованным притоком в учебных помещениях следует предусматривать естественную вытяжную вентиляцию из расчета однократного воздухообмена в час непосредственно из учебных помещений. **Удаление** воздуха из учебных помещений общеобразовательных школ следует предусматривать через рекреационные помещения и санитарные узлы, а также за счет эксфильтрации через наружное остекление.

В школах с числом учащихся до 200 допускается устройство вентиляции без организованного механического притока.

В школьных столовых подачу приточного воздуха в производственные помещения пищеблока не следует осуществлять через обеденный зал [14]. Удаление воздуха – из помещений кухни и других производственных помещений.

Помещения лабораторий физики и химии оборудуют механической вытяжкой через вытяжные шкафы. В помещения лабораторий, где выделяются вредные вещества, следует подавать не менее 90% общего объема приточного воздуха для этих помещений. Остальной объем подается в смежные помещения (коридоры).

5.2.4 Лечебные учреждения

В лечебных учреждениях должны быть исключены перетоки воздушных масс из грязных помещений в чистые. В большинстве помещений воздухообмен организуется по схеме «сверху-вверх». В помещениях с выделением тяжелых газов, паров и аэрозолей (наркозная, часть процедурных кабинетов, грязелечебницы) применяют схемы «сверху-вниз» или «сверху-вниз и вверх».

В операционных воздухообмен должен быть организован так, чтобы движение потоков было из операционных в прилегающие к ним помещения (предоперационные, наркозные и др.), а из этих помещений в коридор. В коридорах необходимо устройство вытяжной вентиляции. Количество удаляемого воздуха из нижней зоны должно составлять 60%, а из верхней зоны – 40%. Подача свежего воздуха осуществляется через верхнюю зону, при этом приток должен не менее, чем на 20% преобладать над вытяжкой.

5.2.5 Предприятия розничной торговли

Помещения магазинов оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением. Объем притока должен быть полностью скомпенсирован вытяжкой. В магазинах торговой площадью до 250 м² допускается проектировать вентиляцию с естественным побуждением.

Во всех торговых залах магазинов (кроме торговых залов с химическими, синтетическими или пахучими веществами и горючими жидкостями) допускается рециркуляция воздуха. Подача и удаление воздуха по схеме "сверху-вверх". Требуемое количество наружного воздуха определяется по расчету воздухообмена из условий теплоизбытков с проверкой на ассимиляции углекислого газа.

5.2.6 Культурно-зрелищные учреждения (кинотеатры, клубы, театры)

В зрительных залах предусматривается приточно-вытяжная вентиляция, организованная по схеме "сверху-вверх". Допускается применение рециркуляции в холодный и переходный период года, тогда имеет место схема «сверху–вниз–вверх». Приток в верхнюю зону механический, обеспечивающий равномерное распределение воздуха. Общеобменная вытяжка механическая или естественная из верхней зоны. Забор воздуха на рециркуляцию осуществляется из нижней или средней зоны. В театрах и клубах 17% вытяжки удаляют через сцену.

В кинопроекторной проектируется общеобменная вытяжка из верхней зоны по кратностям и удаление теплоизбытков встроенными местными отсосами непосредственно от кинопроекторов. Приток в верхнюю зону.

Вытяжная вентиляция аккумуляторных и кислотных проектируется самостоятельной с механическим побуждением, с установкой вентиляторов в искрозащитном исполнении. Вытяжка из щелочных аккумуляторных проектируется из верхней зоны, а в кислотных – из верхней и нижней (0,2 м от пола) зон.

Вытяжная вентиляция, обслуживающая санузлы и курительную, объединяются в одну систему (при удобном расположении в плане) и имеет механическое побуждение.

Приточный воздух в объеме вытяжки от санузлов и курительной подается в прилегающие фойе или вестибюль. В фойе и кулуары подается также воздух из расчета вытяжки прочих смежных помещений (кассовый вестибюль, буфет, гардероб и пр.) и двукратного воздухообмена фойе. Приток в фойе может пода-

ваться от системы зрительного зала в верхнюю зону помещения.

5.2.7 Кухни и торговые залы предприятий общественного питания

В кухнях и горячих цехах приготовления пищи приток подается в рабочую зону помещений. В остальные помещения предприятий общепита подачу воздуха осуществляют в верхнюю зону. Общеобменную вытяжку устраивают из верхней зоны помещений.

Основными особенностями устройства систем вентиляции в помещениях кухни и торгового зала являются:

- обязательное применение в кухне системы местной вытяжной вентиляции от основного теплового оборудования (для предотвращения поступления в объем помещения тепла, водяных паров и паров масла), а для модульного кухонного оборудования местной приточно-вытяжной вентиляции;
- организация перетекания воздуха из торгового зала в горячие цехи и другие технологические помещения предприятия.

Приточно-вытяжные локализирующие устройства (ПВЛУ), представляющие встроенный элемент модульного технологического оборудования кухни, присоединяются к приточному распределительному и к вытяжному сборному воздуховодам. Вытяжной воздух в ПВЛУ проходит через фильтр для улавливания аэрозолей масла. Приток через ПВЛУ подается в зону дыхания работающих. В ПВЛУ подают либо наружный (подогретый в холодный период) воздух, либо его смесь с воздухом, удаляемым из торгового зала. При кондиционировании воздуха в торговом зале целесообразно весь расход местного притока осуществлять воздухом, удаляемым из верхней зоны зала.

Перетекание воздуха из торгового зала в помещение кухни осуществляется за счет дисбаланса воздуха в этих помещениях. Расход перетекающего воздуха определяется по допустимой скорости воздуха в открытых дверных проемах в ограждениях между этими помещениями и раздаточном окне (0,2 – 0,3 м/с).

5.3 Производственные здания

5.3.1 Производственные помещения

В производственных помещениях выбор схемы организации воздухообмена и способа воздухораспределения обуславливается в основном видом характером распространения вредностей по помещению.

При организации воздухообмена в производственных помещениях возможно применение следующих схем:

- «сверху – вверх» – при одновременном выделении теплоты и влаги или только влаги; подача воздуха в верхнюю зону, удаление – из верхней зоны;
- «сверху вниз» – при выделении в помещении паров летучих жидкостей (бензина, спиртов и т.п.), пыли, а также одновременном выделении пыли и газов. Подача воздуха рассредоточено в верхнюю зону. Удаление – местной вытяжной вентиляцией из рабочей зоны и системой общеобменной вентиляции из нижней зоны;
- «снизу – вверх» – при совместном выделении теплоты и газов или теплоты и пыли. Подача воздуха в рабочую зону, удаление – из верхней зоны;
- «снизу-вверх и вниз» – при выделении паров и газов с различными плотностями и недопустимостью их скопления в верхней зоне из-за опасности взрыва и отравления людей;
- «сверху и снизу – вверх» – при одновременном выделении теплоты и влаги или только влаги, при поступлении пара через неплотности производственной арматуры, с открытых поверхностей ванн, со смоченных поверхностей пола. Для предотвращения туманообразования и капель с потолка приток в верхнюю зону подают перегретым по сравнению с воздухом, подаваемым в рабочую зону;
- «снизу-вниз» – может применяться при устройстве местной вентиляции.

5.3.2 Вспомогательные помещения производственных предприятий

Во вспомогательных помещениях производственных предприятий в теплый период года, как правило, предусматривается подача воздуха естественная через открывающиеся окна и двери. Механическая вентиляция предусматривается для помещений, где нельзя организовать естественную, или при необходимости специальной обработки воздуха.

В холодный и переходный периоды года механический приток должен осуществляться в помещения с кратностью воздухообмена более 1 ч^{-1} , а также возмещения воздуха, удаляемого из уборных, душевых, помещений сушки и обеспыливания одежды.

В холодный и переходный периоды года подогретый приток следует подавать в верхнюю зону помещений, сосредоточенно в коридор для помещений, воздухообмен для которых установлен по вытяжке, а также в помещения гардеробных для возмещения воздуха, удаляемого из душевых.

Удаление воздуха из вспомогательных помещений произ-

водственных предприятий допускается как с естественным, так и с механическим побуждением.

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. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 1989-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. –48 с.
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Введ. 1996-10.01. – М.: Минздрав России, 1997. – 20 с.
6. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теоретические основы создания микроклимата в помещении» для студентов специальности 270109 «Теплогасоснабжение и вентиляция». Ч.1. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015.– 48с.
7. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.1. Отопление. /В.Н.Богословский, Б.А.Крупнов, А.Н.Сканави и др.; Под ред. И.Г.Старовойрова и Ю.И.Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990 – 344 с. (Справочник проектировщика).
8. Расчет воздухообмена в помещениях здания для вентиляции и кондиционирования воздуха. Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектов. Для студентов заочного отделения специальности 290700 «Теплогасоснабжение и вентиляция». /Ю.А.Кувшинов, О.Д.Самарин. – М.: МГСУ, 2006.
9. ОНТП 01-91 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. – Введ. 1991-01-01. М.: Росавтотранс, 1991.–160 с.
10. МГСН 5.01-01. Стоянки легковых автомобилей. – Введ. 2001-10-16.М.: МАРХИ, 2001.–20 с.
11. ВСН 01-89. Ведомственные строительные нормы. Предприятия по обслуживанию автомобилей. – Введ. 1990-01-15. М.: Минавтотранс РСФСР, 1990.– 20 с.
12. СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные».Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003.– Введ. 2011-

05-20.М.: Минрегион России, 2010.–36 с.

13. СП 44.13330.2011. Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87.– Введ. 2011-05-20.М.: Минрегион России, 2010.–24 с.

14. СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения». Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 и СНиП 31-05-2003. – Введ. 2013-01-01. М.: Минрегион России, 2011.– 76 с.

15. Ананьев В.А., Балужева Л.Н. и др. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Учебное пособие – М.: «Евроклимат», издательство «Арина», 2000. – 416 с. Второе издание.

16. Волков О.Д. Проектирование вентиляции промышленных зданий. Харьков: Высшая школа, 1989. – 240 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Классификация помещений (ГОСТ 30494-2011)

Помещения 1-й категории – помещения, в которых люди в положении лежа или сидя находятся в состоянии покоя и отдыха.

Помещения 2-й категории – помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебной.

Помещения 3а категории – помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды.

Помещения 3б категории – помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя в уличной одежде.

Помещения 3в категории – помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении стоя без уличной одежды.

Помещения 4-й категории – помещения для занятий подвижными видами спорта.

Помещения 5-й категории – помещения, в которых люди находятся в полураздетом виде (раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей и т.п.).

Помещения 6-й категории – помещения с временным пребыванием людей (вестибюли, гардеробные, коридоры, лестницы, санузлы, курительные, кладовые).

Приложение Б
Оптимальные и допустимые нормы температуры,
относительной влажности и скорости движения
воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий (ГОСТ
30494-2011)

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)	45-30	60	0,15	0,2
	То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24 (22-24)	20-22	19-23 (21-23)	45-30	60	0,15	0,2
	Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	НН*	НН	0,15	0,2
	Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	НН	НН	0,15	0,2
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	НН	НН	0,15	0,2
	Помещения для отдыха и учебных занятий	20-22	18-24	19-21	17-23	45-30	60	0,15	0,2
	Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60	НН	НН
	Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	НН	НН	НН	НН
	Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	НН	НН	НН	НН
Теплый	Жилая комната	22-25	20-28	22-24	18-27	60-30	65	0,2	0,3

*НН – не нормируется

Примечание – Значения в скобках относятся к домам для престарелых и инвалидов.

Приложение В
Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных и административных зданий (ГОСТ 30494-2011)

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Холодный	1 категория	20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60	0,2	0,3
	2 категория	19-21	18-23	18-20	17-22	45-30	60	0,2	0,3
	3а категория	20-21	19-23	19-20	19-22	45-30	60	0,2	0,3
	3б категория	14-16	12-17	13-15	13-16	45-30	60	0,3	0,5
	3в категория	18-20	16-22	17-20	15-21	45-30	60	0,2	0,3
	4 категория	17-19	15-21	16-18	14-20	45-30	60	0,2	0,3
	5 категория	20-22	20-24	19-21	19-23	45-30	60	0,15	0,2
	6 категория	16-18	14-20	15-17	13-19	НН*	НН	НН	НН
	Ванные, душевые	24-26	18-28	23-25	17-27	НН	НН	0,15	0,2
Теплый	Помещения с постоянным пребыванием людей	23-25	18-28	22-24	19-27	60-30	65	0,15	0,25

НН* – не нормируется

Приложение Г
Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне детских дошкольных учреждений (ГОСТ 30494-2011)

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная, не более	допустимая, не более
Холодный	Групповая раздевальная туалет: -для ясельных и младших групп	21-23	20-24	20-22	19-23	45-30	60	0,1	0,15
	-для средних и дошкольных групп	19-21	18-25	18-20	17-24	45-30	60	0,1	0,15
	Спальня: -для ясельных и младших групп	20-22	19-23	19-21	18-22	45-30	60	0,1	0,15
	-для средних и дошкольных групп	19-21	18-23	18-22	17-22	45-30	60	0,1	0,15
	Вестибюль, Лестничная клетка	18-20	16-22	17-19	15-21	НН	НН	НН	НН
Теплый	Групповые спальни	23-25	18-28	22-24	19-27	60-30	65	0,15	0,25

Примечание:

1. В помещениях кухни, ванной и кладовой параметры воздуха следует принимать по таблице для жилых зданий и общежитий.

2. Для детских дошкольных учреждений, расположенных в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже, допустимую расчетную температуру воздуха в помещении следует принимать на 1 °С выше указанной в таблице.

Приложение Д

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-233)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

Приложение Е

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75*	0,1	0,1
	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
	IIa (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75*	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75*	0,1	0,3
	IIa (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75*	0,1	0,4
	IIб (233-290)	16,0-18,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75*	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0-17,9	20,1-26,0	14,0-27,0	15-75*	0,2	0,5

• При температурах воздуха на рабочих местах 25 °С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы: 70% – при температуре воздуха 25 °С, 65% – при 26°С, 60% – при 27°С, 55% – при 28°С.

• При температурах воздуха 26 – 28 °С допустимая скорость движения воздуха в теплый период года должна соответствовать диапазону: 0,1- 0,2 м/с при категории работ Ia; 0,1-0,3 – при категории Iб; 0,2-0,4 – при категории Pa; 0,2-0,5 – при категории Pб и Ш.

Приложение Ж
Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне общественных, административно-бытовых и производственных помещений в теплый период года. (СП 60.13330.2012)

Назначение	Категория работ	Температура, °С			Скорость движения воздуха, м/с, не более	Относительная влажность воздуха, %, не более
		в обслуживаемой или рабочей зоне	на постоянных рабочих местах	на непостоянных рабочих местах		
1	2	3	4	5	6	7
Общественное, административно-бытовое	–	Не более чем на 3 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А)*			0,5	65**
Производственное	Легкая: Ia Iб	На 4 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А) и не более указанных в гр.4 и 5				75
			28/31 28/31	30/32 30/32	0,2 0,3	
	Средней тяжести: IIa IIб		27/30 27/30	29/31 29/31	0,4 0,5	
			Тяжелая: III	26/29	28/30	0,6

* Но не более 28 °С для общественных и административно-бытовых помещений с постоянным пребыванием людей и не более 33 °С для указанных помещений, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) 25 °С и выше.

** Допускается принимать до 75% в районах с расчетной относительной влажностью воздуха более 75% (параметры А).

Примечания

1 Нормы установлены для людей, находящихся в помещении более 2 ч непрерывно.

2 В таблице в графах 4 и 5 допустимые нормы внутреннего воздуха приведены в виде дроби:

в числителе – для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) ниже 25 °С;

в знаменателе – для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) 25 °С и выше.

3 Для помещений, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) ниже 25 °С, температуру на рабочих местах следует принимать не более указанной в числителе граф 4 и 5, с расчетной температурой 25 °С и выше – не более указанной в знаменателе граф 4 и 5.

4 Для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) 18 °С и ниже вместо 4 °С, указанных в графе 3, допускается принимать 6 °С.

5 Нормативная разность температур между температурой на рабочих местах и температурой наружного воздуха (параметры А) 4 °С или 6 °С может быть увеличена при обосновании расчетом в соответствии с 5.4.

6 В районах с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) t , °С, на постоянных и непостоянных рабочих местах, превышающей:

а) 28 °С – на каждый градус разности температур ($t - 28$), °С, следует увеличивать скорость движения воздуха на 0,1 м/с, но не более чем на 0,3 м/с выше скорости, указанной в графе 6;

б) 24 °С – на каждый градус разности температур ($t - 24$), °С, допускается принимать относительную влажность воздуха на 5% ниже относительной влажности, указанной в графе 7.

7 В климатических зонах с высокой относительной влажностью воздуха (вблизи морей, озер и др.), а также при применении адиабатного увлажнения приточного воздуха для обеспечения на рабочих местах температур, указанных в графах 4 и 5, допускается принимать относительную влажность воздуха на 10% выше относительной влажности, определенной в соответствии с примечанием 6 б.