

На рис. 3 линия 1 показывает суммарное количество теплоты, полученной печью от электронагревателей за время разогрева ("зарядки"). Кривая 2 характеризует интегральное количество теплоты, отданной печью в помещение с момента разогрева до окончания "разрядки", кривая 3 — теплоты, аккумулированной печью (ординаты кривой 3 являются разностью ординат соответствующих точек линий 1 и 2).

Отношение ординат точек кривых 3 и 1 в любой момент времени определяется коэффициентом накапливания k_n , который к моменту окончания нагрева печи равен 0,78. Оптимальное значение $k_n = 0,7$.

Таким образом, использование в ночное время для целей отопления электрических теплоаккумуляционных печей вполне целесообразно. Печи предложенного типа (ЭТАП) соответствуют теплотехническим требованиям к теплоустойчивости рассматриваемых помещений.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Рекомендации по проектированию теплоаккумуляционного электроотопления отдельно стоящих зданий торгового назначения в сельской местности / ЦНИИЭП торговых зданий и туристских комплексов. М., 1984. 2. СНИП 2.04.05—86. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., 1987. 3. Справочник проектировщика: Отопление, водопровод, канализация / Под ред. И.Г.Старовойтова. М., 1975. 4. *Андреевский А.К.* Отопление. Мн., 1982.

УДК 628.8:697.1:536.2

Н.Л.ЕРШОВА, О.А.МУХИН

О ПРОБЛЕМЕ НОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Обеспечение нормального теплового состояния организма работающего человека, высокого уровня его работоспособности часто входит в противоречие с технологией трудовых процессов и необходимостью экономии энергетических ресурсов. Современные промышленные здания с облегченными ограждающими конструкциями и значительной площадью остекления имеют сложную внутреннюю планировку с разными энергетическими балансами в отдельных помещениях. При оценке микроклимата в них необходимо учитывать большое количество факторов.

Расчетные и контролируемые параметры воздушной среды нормируются по [1] и [2]. Основные параметры микроклимата (температура, влажность и скорость движения воздуха) определяют на двух уровнях — допустимом и оптимальном, которые в свою очередь зависят от степени тяжести (категории) труда и сезона года. При оптимальных параметрах обеспечивается тепловой комфорт, при допустимых могут иметь место дискомфорт, напряжение механизма терморегуляции организма с быстро нормализующимися изменениями его теплового состояния. Введение допустимых норм предполагает обеспечение оптимального соотношения между санитарно-гигиеническими требованиями и энерготехническими средствами их обеспечения. В санитарных нормах

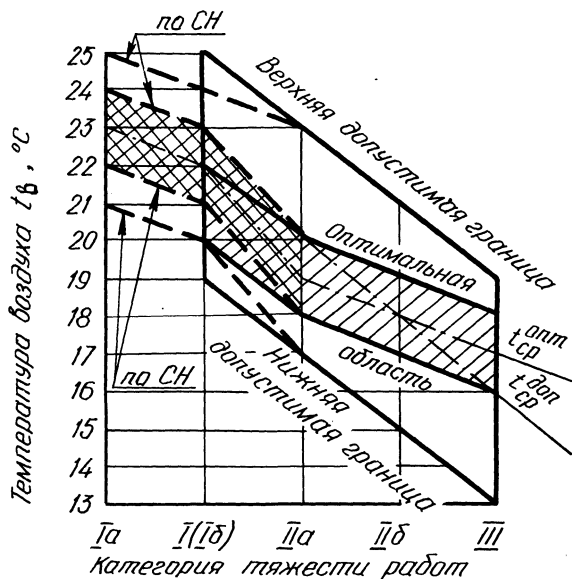


Рис. 1. Нормирование температуры воздуха в помещениях для холодного периода года: для I категории $t_{\text{доп}} = t_{\text{ср}}^{\text{доп}} \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{\text{опт}} = t_{\text{ср}}^{\text{опт}} \pm (1 \dots 1,5) \text{ } ^\circ\text{C}$; для II—III категорий $t_{\text{доп}} = t_{\text{ср}}^{\text{доп}} \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{\text{опт}} = t_{\text{ср}}^{\text{опт}} \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

[3] отражен ряд прогрессивных изменений нормативных требований, введена новая категория тяжести труда — легкая Ia с тепловыделениями до 137 Дж/с (120 ккал/ч). Нормативные данные обработаны и изображены для удобства пользования на рис. 1—3 (для холодного периода года).

Совершенствование нормирования микроклимата в помещениях — один из путей повышения энергетической эффективности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в производственных зданиях. От норм зависят стоимость проектируемых установок, расходы на их эксплуатацию. Снижение, например, $t_{\text{в}}$ на $1 \text{ } ^\circ\text{C}$ позволяет получить экономию энергии в 1250 кДж на 1000 м^3 приточного воздуха в 1 ч.

В реальных условиях эксплуатации отопительно-вентиляционной техники необходимым и достаточным условием обеспечения требуемого микроклимата в промзданиях является нахождение значений всех параметров в допустимых пределах. Согласно гл. 2 СНиП, расчетной при проектировании систем отопления и вентиляции считают температуру, соответствующую нижней допустимой ее границе ($13\text{--}19 \text{ } ^\circ\text{C}$). Дифференцированием температуры воздуха в отдельных цехах и на участках предприятия в зависимости от категории труда можно обеспечивать экономию энергии. Речь идет о цехах, где нет специальных технологических требований к воздушной среде.

Подход к оценке микроклимата, как показывает практика, должен отличаться от предлагаемого нормами проектирования, учитывать все сочетания параметров воздуха, которые при выполнении данного вида работ не приводят к неблагоприятным для человека последствиям.

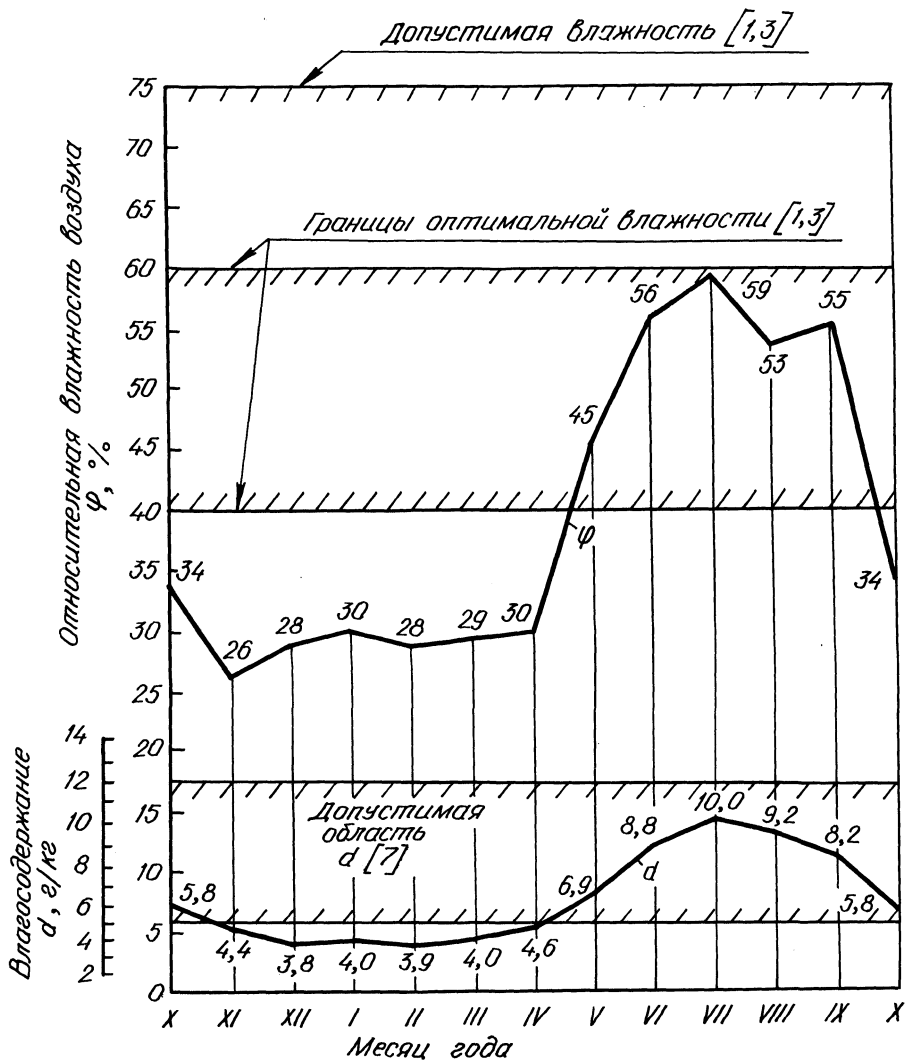


Рис. 2. Среднемесячные значения относительной и абсолютной влажности воздуха

Результаты определения влажности воздуха в цехах приборостроительного производства показали, что в холодный период года она находится в зоне ниже оптимальных значений. Так как [1] и [3] не нормируют нижнюю допустимую границу φ , то этот факт не противоречит установленным требованиям (норматив 50-х гг. Н 101–54 указывал нижний предел $\varphi = 30\%$). По диаграмме эквивалентно-эффективной температуры воздуха, учитывающей совместное влияние $t_{\text{в}}$, φ и v , $t_{\text{эф}} = 13,5^{\circ}\text{C}$ при $t_{\text{в}} = 19^{\circ}\text{C}$, т.е. $t_{\text{эф}}$ ниже зоны комфорта [4]. График $t_{\text{эф}} = f(\varphi)$ (рис. 4), построенный авторами для $t_{\text{в}} = 19^{\circ}\text{C}$ и $v = 0,25$ м/с на основе диаграммы, показывает, что увеличение φ на 30% эк-

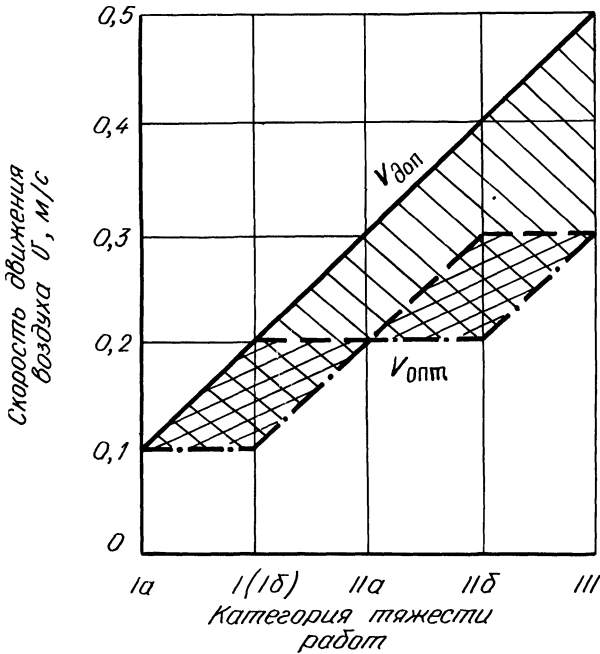


Рис. 3. График оптимальных и допустимых скоростей движения воздуха:
 — по ГОСТу; -.- по СН

вивалентно повышению t_v на $1,5^\circ\text{C}$ для легко одетых людей. И наоборот, при низкой влажности воздуха необходимо поддерживать более высокую температуру воздуха для обеспечения теплового комфорта, что связано с большими затратами тепловой энергии. Комплексный подход к оценке микроклимата в производственных помещениях позволяет, таким образом, провести анализ санитарно-технических систем с точки зрения их энергетической эффективности.

Шкала эффективной температуры не учитывает такого фактора, как излучение, характерное для ряда производственных процессов и ограждающих

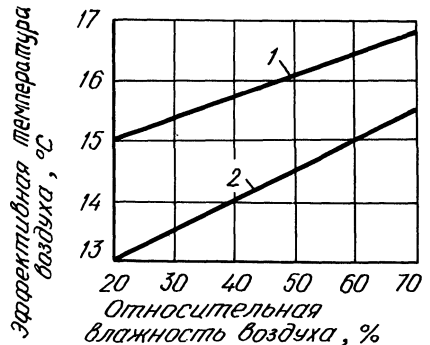


Рис. 4. Изменение эффективной температуры $t_{эф} = f(\varphi)$ при $t_v = 19^\circ\text{C}$ и $v = 0,25$ м/с:
 1 — для нормально одетых людей; 2 — легко одетых

к инструкций. В нормативных документах СССР оно количественно не оценивается при определении температуры воздуха.

В Венгрии, например, результирующую температуру воздуха рассчитывают по формуле $t_{\text{в}} = 1 - R t_{\text{в}} + R t_{\text{р}}$, где $t_{\text{р}}$ — радиационная температура; R — опытный коэффициент [5].

В нормах Чехословакии и Румынии, учитывающих кроме конвективной и лучистую составляющую тепловых потоков, значение температуры воздуха в помещениях принимают с учетом последней составляющей на 2—4 °С ниже и указывают максимальное значение результирующей температуры. По [6] оперативную температуру определяют по выражению $t_{\text{о}} = A t_{\text{в}} + (1-A) t_{\text{р}}$, где A — коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха (влажность воздуха не учитывается).

В США микроклимат оценивают индексом WBGT, учитывающим радиационную температуру, температуру сухого и мокрого термометров. Нормы ФРГ DIN 4701/83 регламентируют температуру в производственных помещениях в зависимости от теплового излучения.

В Чехословакии получены таблицы оптимальных и допустимых значений оперативной температуры $t_{\text{о}}$, аналогичные определяемым [3], но учитывающие наряду с другими параметрами микроклимата радиационную температуру, теплоизоляционные свойства рабочей одежды и удельные энергозатраты человека. Нижняя допустимая граница температуры для холодного периода года находится в пределах 5,5—18,5 °С, верхняя — 9—20 °С при одежде работающих, состоящей из трех слоев, с $R = 0,155 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С) / Вт}$. Оптимальная оперативная температура изменяется от 6,5 до 22 °С. Таким образом, учет излучения окружающих поверхностей, освещения, инсоляции и других факторов позволяет в ряде случаев получить экономию тепловой энергии за счет снижения температуры воздуха в рабочих помещениях.

При оценке микроклимата необходимо увязывать его качество с анализом заболеваемости работающих, учитывая ущерб от потерь рабочего времени и степень неудовлетворенности людей тепловой обстановкой. Согласно [5], минимальное значение ожидаемой вероятности неприятного теплоощущения (PPD) составляет 5 %. Оптимальное значение PPD по Бедфорду составляет 20 %, которое было принято в качестве критерия при обработке результатов анкетирования.

Анализ заболеваемости работающих и результаты их анкетирования в ПО "Электромодуль" (Молодечно) показали, что в цехах с применением женского труда при обеспечении только допустимых норм в холодный период, а в некоторых случаях и в летний микроклимат неудовлетворителен. В результате обсуждения этой проблемы врачебно-инженерной бригадой объединения за норматив для указанных цехов для холодного периода года принята оптимальная зона значений микроклиматических параметров и разработаны мероприятия по их обеспечению.

Таким образом, выбор оптимальных значений комплекса определяющих параметров при оценке и управлении микроклиматом в производственных помещениях на основе анализа температуры, так и влажности и подвижности воздуха, с учетом радиационной температуры, теплоизоляционных свойств рабочей одежды и физиологии женского и мужского организмов позволит обеспечить снижение расхода энергии в санитарно-технических уст-

роиствах и социально экономический эффект на промышленном предприятии.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.005—76. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М., 1984.
2. СНиП 2.04.05—86. Нормы проектирования. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., 1986.
3. Санитарные нормы микроклимата производственных помещений. М., 1986.
4. Новожилов Г.Н., Ломов О.П. Гигиеническая оценка микроклимата. Л., 1987.
5. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений. М., 1982.
6. Оппл Л. Оптимальный и допустимый микроклимат // Тр. ВНИИОТ. Л., 1988.
7. Костырко К., Околович-Грабовска Б. Измерение и регулирование влажности в помещениях. М., 1988.

УДК 697.95-52

Н.К.ЗАЙЦЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА МИКРОКЛИМАТ В ЦЕХАХ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

При осуществлении широкой программы модернизации технологических процессов в основных отраслях народного хозяйства существенное место отводится вопросам исследования, разработки и создания систем кондиционирования воздуха, поскольку модернизация технологии связана с ужесточением требований к поддержанию заданных параметров воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

В данной работе исследованы факторы, влияющие на микроклимат в цехе микроэлектроники. Поддержание заданного микроклимата в цехе необходимо для обеспечения требуемого качества выпускаемых электронных плат [1].

Определялась температура теплоносителя и воздуха, поступающих и выходящих из секции подогрева системы кондиционирования. Наружный приточный воздух с температурой t_n нагревается в секции до расчетной температуры $t_{в.н}$ и подается через фильтры грубой очистки в общее помещение (камеру). Воздух из нижней зоны общей комнаты проходит тонкую очистку в фильтрах и с помощью вентиляционной установки по воздуховодам подается в чистое помещение — цех микроэлектроники. Так как цех находится посреди общего помещения, изменение внешних факторов не влияет на микроклимат в цехе.

При проведении экспериментальных исследований на действующей установке (февраль 1988 г.) расход вентиляционного воздуха при всех режимах оставался постоянным. Измерение температуры осуществлялось с помощью термометров с ценой деления 1°C .

На микроклимат в цехе оказывает влияние изменение параметров теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха (соответственно изменяется и температура нагретого вентиляционного воздуха). Подачу теплоносителя и температуру воды, выходящей из секции подогрева кондиционера, регулировали вручную.

Из анализа графика на рис. 1 следует, что температура подаваемого теплоносителя намного выше расчетной (показанной графиками), а температура воды, выходящей из секции подогрева, ниже расчетной. Поэтому действительная разность температур теплоносителя на входе и выходе из кондиционе-