

Be sure. **testo**



Практическое руководство
Измерение уровня
комфорта на рабочем месте

Введение

Несколько сотен миллионов человек по всему миру работают в офисах. Многие из них недовольны условиями микроклимата на рабочем месте. Основные причины для жалоб: температурный комфорт и качество воздуха в помещении.

Обычно для установления причины жалоб обращаются к специалисту по измерительной технике. На него ложится задача объективно оценить восприятие температуры воздуха сотрудниками для определения обоснованности жалоб и, по возможности, точного определения и устранения их причин.

С точки зрения эффективности ведения бизнеса, безусловно, все жалобы требуют основательного рассмотрения, поскольку производительность сотрудника напрямую зависит от условий микроклимата на рабочем месте.

Задача этого практического руководства – оказать поддержку лицам, ответственным за микроклимат в помещении, и определить способы объективной оценки субъективных ощущений уровня комфорта.



Содержание:

1. Что такое температурный комфорт?	04
2. Измерительные технологии для оценки температурного режима на рабочем месте	05
3. Действия инженера систем ОВКВ при поступлении жалобы	06
3.1 Подготовка	06
3.2 Измерение температуры и влажности окружающего воздуха	07
3.3 Измерение PMV/PPD.....	08
3.4 Измерение турбулентности и сквозняков.....	15
3.5 Прочие критерии оценки уровня комфорта	17
3.6 Оценка качества воздуха в помещении.....	18
4. Заключение	20

1. Что такое температурный комфорт?

Температурный комфорт оказывает огромное влияние на физическую и умственную деятельность сотрудников.

Чувствительность организма человека к теплу во многом зависит от температурного равновесия (баланса) тела. На температурный баланс, в свою очередь, оказывают влияние физическая активность и одежда, а также параметры микроклимата в помещении:

- Температура воздуха
- Лучистое тепло
- Скорость воздуха (сквозняки)
- Влажность

Температурный комфорт подразумевает, что человек не имеет каких-либо претензий к температуре окружающего воздуха. Иными словами, сотрудник считает благоприятными параметры микроклимата (температуру, влажность, скорость потока воздуха и лучистое тепло) в помещении. Отсутствуют пожелания в отношении более теплого или холодного, более сухого или влажного воздуха. Температурный комфорт также зависит от физической активности сотрудника и его одежды.

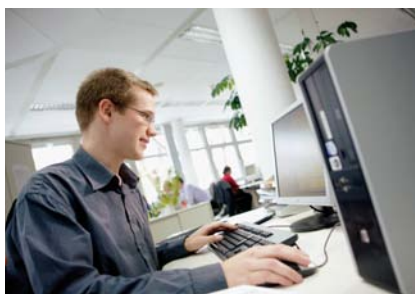


Рис. 1: Температурный комфорт зависит от множества факторов

2. Измерительные технологии для оценки температурного режима на рабочем месте

Температурный комфорт на рабочем месте – это не излишняя роскошь, а основное требование для обеспечения продуктивности и производительности персонала. По этой причине и согласно требованиям трудового законодательства необходимо создавать надлежащие условия микроклимата на рабочем месте.

Жалобы сотрудника на некомфортные условия микроклимата необходимо объективно подтвердить с помощью подходящей измерительной технологии. Это позволит оптимально оценить ситуацию на рабочем месте. Если результаты измерений

окажутся в пределах нормы, инженер службы эксплуатации или систем кондиционирования в здании может дополнительно проверить правильность настройки работы систем ОВКВ. После этого необходимо искать причину дискомфорта сотрудника вследствие неблагоприятного микроклимата на другом уровне.

Существуют такие причины для жалоб, как, например, неудовлетворенность работой, конфликты с коллегами, проблемы личного характера или со здоровьем, которые также могут влиять на температурный комфорт сотрудника.

Преимущества профессиональной измерительной техники

1. Субъективные ощущения оцениваются объективно.
2. Предоставляются доказательства корректной работы систем ОВКВ.
3. Измерения документируются и могут быть проанализированы.
4. При использовании высококачественной измерительной техники сотрудник, подавший жалобу, видит серьезное отношение к его проблеме.

3. Действия инженера систем ОВКВ при поступлении жалобы

3.1 Подготовка

При поступлении жалобы на условия микроклимата на рабочем месте необходимо серьезно отнестись к данной проблеме и незамедлительно приступить к ее решению.

Проверка системы ОВКВ

Прежде чем проводить детальный осмотр рабочего места, инженер должен проверить настройки системы ОВКВ, держа в уме следующие вопросы: В каком состоянии терморегулятор системы ОВКВ? Для этого требуется проверить температуру воздуха, поступающего из кондиционера, с помощью зонда температуры воздуха в помещении. Вносились ли какие-нибудь изменения в настройки системы ОВКВ в последнее время?

Первичный осмотр рабочего места

Перед оценкой критериев комфортности рабочего места нужно установить точную причину

жалобы сотрудника. Слишком холодно, жарко, сухо, душно или, наоборот, сильный сквозняк из-за неправильно настроенной вентиляции? Проблема имеет постоянный характер или проявляется в определенные моменты?

Условия на рабочем месте

Чтобы сформировать первое впечатление о рабочем месте, обратите внимание на следующее:

- Некорректность расположения зондов температуры воздуха в помещении при проведении замеров (под прямыми солнечными лучами, закрытые чем-либо или на сквозняке) ведет к получению ошибочных данных центральной диспетчерской службой системы ОВКВ
- Заблокированные/засорившиеся вентиляционные решётки
- Открытые окна
- Структурные модификации помещения

3.2 Измерение температуры и влажности окружающего воздуха

Вне зависимости от жалобы сотрудника рекомендуется получить первичные сведения об условиях микроклимата путем проведения простого измерения температуры и влажности в помещении.

Измерение с помощью универсального измерительного прибора testo 400

Возьмите testo 400 и встаньте в центре помещения. Легкими движениями водите зондом влажности окружающего воздуха из стороны в сторону на высоте примерно 60 см от пола (со скоростью около 1,5 м/с) до тех пор, пока показатели на дисплее не стабилизируются. Необходимо исключить некорректность

измерения вследствие воздействия дыхания сотрудника.

Интерпретация результатов

Результаты измерения представляют собой значения температуры воздуха в °С и относительной влажности в %. Наиболее комфортная для сотрудников температура воздуха в помещении находится в диапазоне 22–24°С, влажность – в диапазоне 40–60% (согласно СанПиН 2.2.4.548-96 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 01.10.1996 №21).



Рис. 2: Измерение температуры и влажности окружающего воздуха с помощью прибора для измерения параметров микроклимата testo 400

Данное измерение позволяет получить первичные сведения о микроклимате в помещении. Если измеренные значения сильно отклоняются от указанного выше уровня комфорта уже на этом этапе, дальнейшая оценка условий не требуется. Возникшая проблема связана с некорректной работой системы ОВКВ.

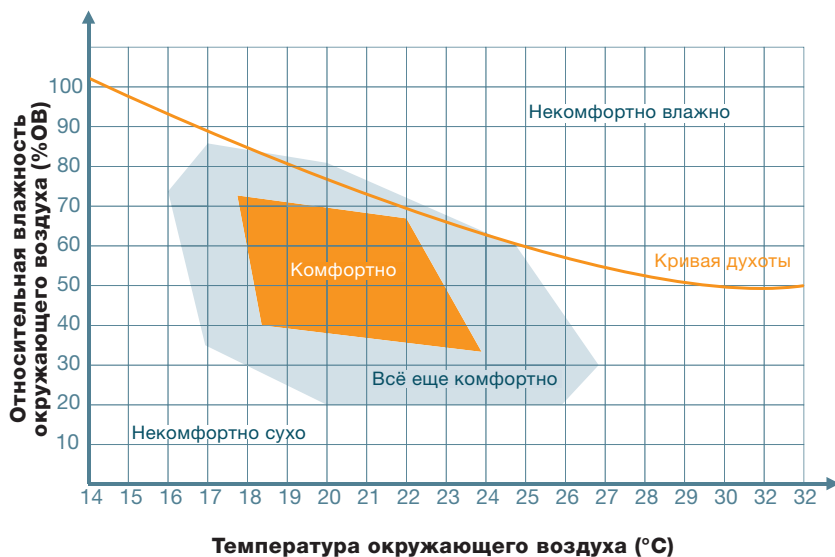


Рис. 3: Графическое представление уровня комфорта по отношению к температуре и влажности воздуха

3.3 Измерение PMV/PPD

Индексы PMV/PPD дают комплексное представление о температурных факторах при определенных рабочих условиях и параметрах микроклимата на рабочем месте. Результат измерений – объективное утверждение об уровне температурного комфорта.

PMV (Индекс комфортности по Фангеру)

Показатель PMV – это усредненное значение восприятия температурного комфорта большой группой людей. Данная величина рассчитывается, исходя из следующих параметров:

- Температуры окружающего воздуха
- Лучистого тепла
- Скорости потока воздуха
- Относительной влажности и предустановленных значений
- Индекса одежды
- Физической активности

Индекс одежды

Одежда влияет на температурный баланс человека. Она создает барьерный слой между телом и окружающей средой, поэтому оказывает непосредственное воздействие на температурный комфорт. Основной физической характеристикой одежды является термическое сопротивление (теплоизоляция).

Физическая активность

Уровень физической активности – это показатель скорости обмена веществ отдельного человека. В состоянии полного покоя базовая интенсивность метаболизма равна

0,8 мет (мет – единица измерения скорости метаболизма, 1 мет = 58 Вт/м² поверхности тела).

PPD (Ожидаемый процент неудовлетворенных степенью комфорта)

Показатель PPD описывает ожидаемый процент неудовлетворенных условиями микроклимата в помещении. Значение выражается в процентах и не бывает ниже 5%, поскольку невозможно создать такие условия микроклимата, при которых всем сотрудникам будет одинаково комфортно.

Измеряемые параметры и рекомендуемые зонды

Измеряемый параметр	№ заказа	Описание
Лучистое тепло	0602 0743	Сферический термометр
Температура воздуха Относительная влажность	0632 1543	Зонд оценки качества воздуха в помещении (рекомендуется) или зонд температуры/влажности (0636 9743)
Скорость потока воздуха	0628 0143	Зонд уровня комфорта

Таблица 1: Измеряемые параметры и подходящие зонды

Параметры для расчета показателей PMV/PPD

Параметр [мет]			
Физическая активность	мет	Вт/м ²	Диапазон (ручной ввод)
В положении лежа, расслабленно	0,6	46	0,1 - 0,6
В положении сидя, расслабленно	0,9	58	0,7 - 1,0
Сидя, слабая активность: (работа в офисе, школе)	1,2	70	1,1 - 1,4
Стоя, слабая активность: (в лаборатории, легкая работа на производстве, торговля)	1,6	93	1,5 - 1,8
Стоя, умеренная активность: (торговля, работа по дому, управление машинами)	2,0	116	1,9 - 2,4
Высокая активность: (тяжелая работа на машинах, в мастерских)	2,8	165	2,5 - 3,0

Пояснение: мет = скорость метаболизма = единица метаболизма, 1 мет = 58 Вт/м² поверхности тела

Параметр [кло]			
Тип одежды	кло	м ² К/Вт	Диапазон (ручной ввод)
Без одежды	0	0	0 - 0,1
Летняя одежда (трусы, летняя рубашка, шорты, носки, ботинки)	0,5	0,078	0,2 - 0,6
Лёгкая рабочая одежда (трусы, летняя рубашка, лёгкие брюки, лёгкие носки, ботинки)	0,7	0,11	0,7 - 0,9
Стандартная рабочая одежда (трусы, рубашка, брюки, комбинезон, носки, ботинки)	1,0	0,16	1,0 - 1,4
Тёплая рабочая одежда (футболка и трусы, рубашка, брюки, жилет, стёганая куртка и комбинезон, носки, ботинки)	1,5	0,2325	1,5 - 1,9
Очень тёплая рабочая одежда (футболка и трусы, рубашка, брюки, жилет, стёганая куртка и комбинезон, носки, ботинки, шапка, перчатки)	2,0	0,32	2,0 - 2,4
Тёплая зимняя одежда (термобельё, теплозащитная рубашка и брюки, длинная стёганая куртка, стёганный комбинезон, носки, ботинки, шапка, перчатки)	2,5	0,3875	2,5 - 3,0

Пояснение: индекс одежды, 1 кло = 0,155 м²К/Вт

Таблица 2: Параметры для расчета показателей PMV/PPD

Процесс измерения с помощью testo 400

1. Прибор для измерения условий микроклимата testo 400 со всеми необходимыми зондами устанавливаются в проблемной зоне. По стандарту DIN EN ISO 7726 измерение влажности и лучистого тепла проводится на средней высоте (0,6 или 1,1 м), а температуры и скорости воздуха - на 3 разных высотах (0,1; 0,6; 1,1 или 0,1; 1,1; 1,7).
2. Перед началом измерения PMV/PPD необходимо, чтобы сферический зонд адаптировался под температуру окружающей среды (в течение примерно 20-30 мин.). Поэтому отложите измерение до момента, пока показания сферического зонда не стабилизируются.
3. Ассистент измерения PMV/PPD позволяет инженеру шаг за шагом руководить процессом. Помимо индекса одежды и физической активности необходимо внести значения периода измерения и измерительного цикла, которые зависят, прежде всего, от конкретной измерительной задачи и причины жалобы.



Рис. 4: Часто для получения общего представления об условиях микроклимата бывает достаточно относительно быстрого измерения

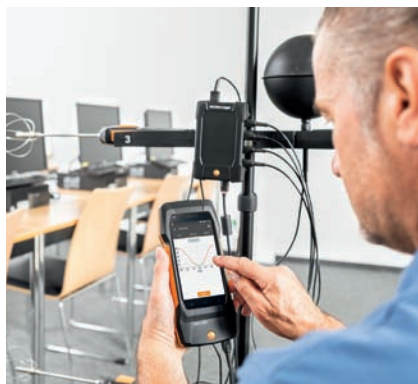


Рис. 5: Условия микроклимата сразу наглядно отображаются на дисплее

Измерительный цикл/ период измерения

В случаях, когда сотрудник жалуется на постоянный дискомфорт на рабочем месте, зачастую достаточно быстрого измерения в течение нескольких минут для получения общего представления об условиях микроклимата. Однако если сотрудник недоволен условиями микроклимата время от времени, в разные часы, целесообразно провести длительное измерение в течение всего рабочего дня.

Причиной временного температурного дискомфорта может стать регуляция работы системы ОВКВ в зависимости от времени суток. Измерительный цикл для долгосрочного измерения должен быть относительно коротким (5–30 с), поскольку большее количество показаний позволит получить более точные данные. Память testo 400 рассчитана на 1 миллион значений, что позволяет прибору документировать очень большие объемы данных.

Кроме того, логгер данных IAQ даёт возможность проводить комплексные долгосрочные измерения, так как к нему можно подключить до 6 зондов одновременно, а его память рассчитана на 360 000 измеренных значений. При этом измерительный прибор во время долгосрочного измерения можно использовать для других задач.

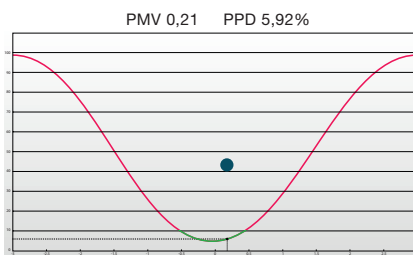


Рис. 6: Фрагмент протокола измерения

Интерпретация результатов

Вне зависимости от того, проводите вы краткосрочное или долгосрочное измерение в течение всего дня, по окончании работы программы на дисплей выводится показатель PMV/PPD, усредненный для выбранного периода измерений. При некоторых обстоятельствах такое измерение может быть исчерпывающе информативным.

Однако вы можете выбрать опцию анализа отдельных значений PMV/PPD, благодаря которой вы можете отфильтровать показания, полученные в ходе долгосрочного измерения, нарушающие установленную норму за определенный отрезок времени. Специальное программное обеспечение testo DataControl, поставляемое с testo 400, делает процесс анализа исключительно удобным.

Результат измерений – величина от +3 до -3, которая описывает восприятие температуры окружающей среды. Значение PMV от -0,5 до +0,5 указывает на температурный комфорт.

Шкала оценки климата PMV	
+3	жарко
+2	тепло
+1	скорее тепло
0	нейтрально
-1	скорее прохладно
-2	прохладно
-3	холодно

Таблица 3: Шкала оценки климата PMV

Оценка может проводиться в виде графика или таблицы. На рис. 6 результаты измерения отображены в виде графика, на котором значения PMV (0,21) и PPD (5,92%) показаны в виде синей точки на зеленой линии. Все значения на зеленой линии соответствуют температурному комфорту Категории В согласно стандарту DIN EN ISO 7730.

Если значение PMV находится вне диапазона $\pm 0,5$, необходимо провести анализ причины такого отклонения. В первую очередь необходимо более детально изучить результаты измерения отдельных параметров: температуры сферического зонда, температуры, влажности и скорости воздуха в помещении (см. Таблицу 4). Например, если вы обнаружите существенную разницу между температурой сферического зонда и температурой в помещении, причиной может оказаться мощное солнечное излучение, поступающее через окно.

Измерение уровня комфорта на рабочем месте

В зависимости от того, какой параметр отклоняется от нормы, причиной могут быть неисправные компоненты, некорректная

настройка системы ОВКВ или условия на рабочем месте (напр., вентиляционные решетки, окна, структурные модификации).

Тип помещения	Активность в мет	Индекс одежды в кло		Категория	Рабочая температура (сферич. зонд) в °С		Средняя макс. скорость воздуха в м/с	
		Лето	Зима		Лето	Зима	Лето	Зима
Отдельный офис, офисная среда, конференц-зал, аудитория кафе / ресторан уч. класс	1,2	0,5	1,0	В	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0	0,19	0,16

Средняя максимальная скорость воздуха рассчитывается при турбулентности 40% и температуре воздуха, равной температуре сферического зонда. Для лета и зимы используется относительная влажность 60% и 40%, соответственно. Для определения средней максимальной скорости воздуха выбирается нижнее значение в диапазоне температуры как летом, так и зимой.

Таблица 4: Фрагмент стандарта DIN EN ISO 7730

3.4 Измерение турбулентности и сквозняков

Помимо измерения индексов PMV/PPD существуют другие методы объективной оценки жалоб сотрудников. Например, если сотрудник жалуется именно на сквозняки, необходимо провести измерение уровня турбулентности и риска возникновения сквозняков.

Определение измеряемых параметров

Измерение представляет собой ненаправленную регистрацию скорости потоков воздуха с помощью зонда уровня комфорта. Зонд уровня комфорта Testo отвечает требованиям стандартов DIN EN 13182, DIN EN ISO 7726 и DIN EN 12599.

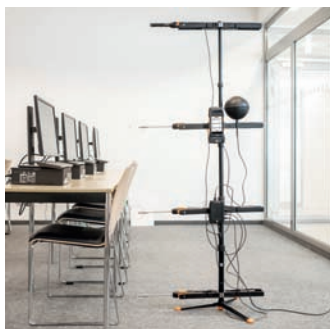


Рис. 7: С testo 400 измерения можно проводить на любой высоте

Турбулентность

Значение турбулентности позволяет оценить направленность потоков воздуха и рассчитать вероятность возникновения сквозняков.

Для расчета этого параметра необходимо измерить стандартное отклонение (S_v) определенной скорости воздуха.

$$T_u = \frac{S_v}{\bar{v}} * 100 [\%]$$

S_v = стандартное отклонение мгновенного значения скорости воздуха
= средняя скорость потока воздуха

Измерение

Для проведения измерения необходимо соблюсти следующие требования:

- Необходим быстродействующий безынерционный сенсор теплового потока (зонд уровня комфорта)
- Соблюдение 3-х высот измерения в зависимости от физической активности

Стоячая работа: 0,1 м/1,10 м/1,70 м

Сидячая работа: 0,1 м/0,6 м/1,10 м

- Время измерения: 180 секунд (рекомендовано)
- Измерительный цикл: 1 секунда

Сквозняки

Под коэффициентом сквозняка понимается ожидаемый процент неудовлетворенных слишком высокой скоростью воздушных потоков в помещении. В формуле учитываются температура воздуха (t_a), средняя скорость потока (v) и турбулентность (T_u).

$$DR = (34 - t_a)(v \cdot 0,05)^{0,62} (0,37 \times v \times T_u + 3,14) [\%]$$

DR = коэффициент сквозняка

t_a = температура окружающего воздуха [$^{\circ}\text{C}$]

v = средняя скорость потока [м/с]

T_u = турбулентность [%] (рассчитываемая переменная)

Интерпретация результатов

Протокол измерений testo 480 выглядит следующим образом:

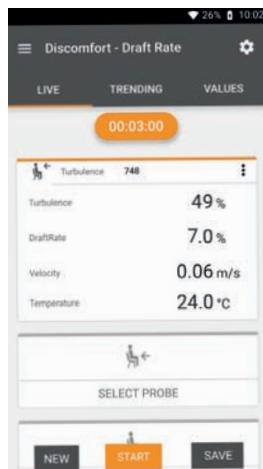


Рис. 8: На дисплее отображены измерения средней скорости потока, средней температуры и турбулентности, рассчитанной на их основании, а также коэффициент сквозняка. В нашем случае коэффициент сквозняка составляет 7%.

На дисплее отображены измерения средней скорости потока, средней температуры и турбулентности, рассчитанной на их основании, а также коэффициент сквозняка. В нашем случае коэффициент сквозняка составляет 7%.

Максимальный допустимый коэффициент сквозняка согласно DIN EN ISO 7730 Категория В равен 20%. Следовательно, данный объект измерения отвечает требованиям Категории В стандарта DIN EN ISO 7730.

3.5 Прочие критерии оценки уровня комфорта

Разница температур по высоте

Большая разница температур воздуха на уровне головы и щиколоток может стать причиной дискомфорта.

Измерение

Для проверки разницы температур по высоте достаточно точно измерить разницу температур на уровне головы (1,1 м) и щиколоток (0,1 м) сидящего сотрудника.

Интерпретация результатов

Согласно DIN ISO 7730 Категория В, разница температур по высоте не должна превышать 3 К.

Теплый и холодный пол

Если пол слишком теплый или холодный, сотрудники в помещении могут испытывать дискомфорт. Для сотрудников, носящих легкую сменную обувь, решающим фактором при определении уровня комфорта является не материал пола, а его температура.

Измерение

Температуру пола можно определить с помощью подключенного к testo 400 поверхностного зонда или, что еще быстрее, с помощью инфракрасного измерительного прибора.

Интерпретация результатов

Согласно DIN EN ISO 7730 температура пола должна находиться в диапазоне 19-29 °С.

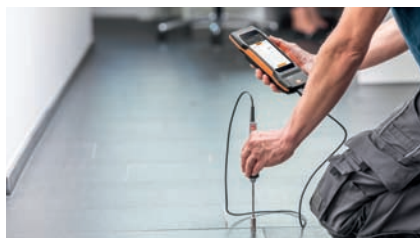


Рис. 9: Измерение на уровне пола

3.6 Оценка качества воздуха в помещении

Помимо температурного комфорта немаловажно также поддерживать надлежащее качество воздуха в помещении. Концентрация двуокиси углерода (CO_2) является ключевым индикатором “хорошего” качества воздуха. “Плохое” качество воздуха, причина которого – избыточное содержание CO_2 , ведет к повышенной утомляемости, отсутствию концентрации и даже может вызвать недомогание.

Измерение

Поместите многофункциональный измерительный прибор testo 400 в центре помещения, как это описано в пункте “Измерение температуры и влажности” и держите зонд "на удалении от своего тела" (на высоте 0,6 м).

В зависимости от причины жалобы первые выводы о качестве воздуха можно сделать спустя короткий промежуток времени, в течение которого значение CO_2 , регистрируемое зондом, стабилизируется (примерно 30-60 с).

Для определения уровня CO_2 обычно целесообразно проводить долгосрочное измерение в течение всего рабочего дня. Впоследствии с помощью программного обеспечения вы сможете проанализировать, в какое время дня концентрация максимальна, и осуществляет ли при этом система ОВКВ надлежащий воздухообмен. На основании полученных данных также можно сделать вывод о режиме вентилирования помещения сотрудниками.

Интерпретация результатов

В Таблице 5 представлены эталонные значения допустимых концентраций CO_2 .

На практике концентрация CO_2 на рабочем месте не должна превышать 1000 ppm (согласно Петтенкоферу). Для достижения надлежащего качества воздуха в помещении кратность воздухообмена должна быть как минимум 50 м³/ч.

Концентрация CO₂ – эталонные значения

CO ₂ % Об.	CO ₂ ppm	Описание
0,033 ... 0,04	330 ... 400	Свежий воздух в сельской местности
0,07	700	Городской воздух
0,1	1000	Предельное значение для офисов, максимум согласно Петтенкоферу
0,5	5000	Предельно допустимая концентрация
0,7	7000	Максимальное значение для кинотеатров после сеанса
2	20 000	Краткосрочная физиологическая переносимость
2 ... 4	20 000 ... 40 000	Учащенное дыхание, пульс
4 ... 5,2	40 000 ... 52 000	Выдыхаемый воздух
4 ... 8	40 000 ... 80 000	Головная боль, головокружение
8 ... 10	80 000 ... 100 000	Судороги, быстрая потеря сознания, горящая свеча затухает
20	200 000	Летальный исход через несколько секунд

Таблица 5: Эталонные значения концентрации CO₂

Кривая отражает процент недовольных качеством воздуха в помещении при определенной концентрации CO₂.

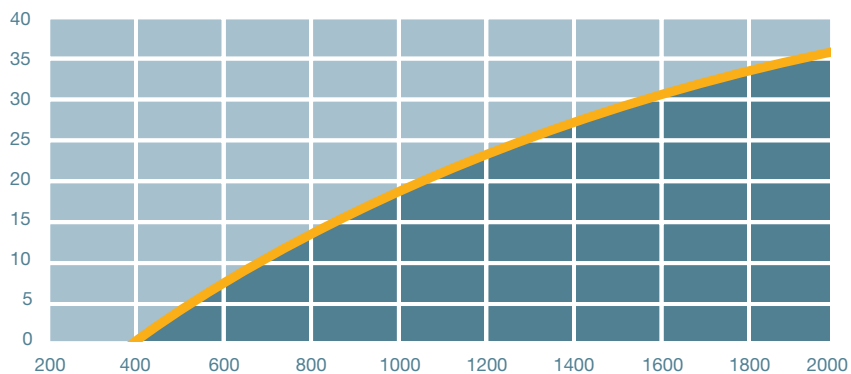


Рис. 10: Процент неудовлетворенных сотрудников при определенной концентрации CO₂

6. Заключение

Постоянно растущее число рабочих мест, оснащенных системами ОВКВ в новых или отремонтированных с целью повышения энергоэффективности зданиях, неизбежно ведет к увеличению количества жалоб сотрудников на температурный дискомфорт.

Без подходящей измерительной технологии инженеры служб эксплуатации зданий и специалисты систем ОВКВ буквально не имеют возможности определить, является ли персональный дискомфорт сотрудника сигналом реального ухудшения микроклимата в помещении. Однако это необходимо с точки зрения нормативной базы, для устранения каких-либо

негативных влияний систем ОВКВ на здоровье человека. Проведение простой и недорогостоящей процедуры измерения позволит сэкономить на рисках, причиной которых может стать некорректно настроенная или неисправная технология кондиционирования воздуха в здании.

Благодаря прибору для измерения параметров микроклимата testo 400 и широкому спектру подключаемых зондов, службы эксплуатации могут быстро и эффективно регистрировать, анализировать и документировать все ключевые параметры для дальнейшего принятия корректирующих мер.