

Экспериментальное определение содержание углекислого газа в помещении

Влияние углекислого газа (CO_2) на организм человека уже достаточно давно и хорошо изучено многими отечественными и зарубежными экспертами. Это относительно безвредный газ по ГОСТ 12.1.007-76 относится к 4 классу опасности, он содержится в небольших количествах в составе чистого атмосферного воздуха [1]. Углекислый газ, как уже было сказано, сам по себе безвреден, но в концентрациях от 7 % может нанести ущерб здоровью человека в виде удушья. При этом стоит отметить, что он не имеет накопительного эффекта, и все симптомы быстро проходят при снижении его концентрации.

Концентрация CO_2 в пределах от 0,1 % оказывает отрицательное влияние на самочувствие человека. Считается, что содержание углекислого газа от 0,04 до 0,07 %- это свежий воздух; от 0,07 до 0,1 % - спертый воздух, но такая концентрация еще допустима; более 0,1 % - резко снижает работоспособность организма. При этом стоит отметить, что изменение концентрации кислорода в воздухе может изменяться в более широких пределах от 19 до 21 %, не оказывая влияния на самочувствие здорового человека. ASHRAE установило приемлемое значение содержания углекислого газа в помещениях с пребыванием людей: на уровне до 1 000 ppm или 0,1 % от объема (об.). Многие международные и отечественные авторы при расчетах воздухообмена опираются именно на эту величину [3].

В Европейском стандарте 2004 года воздух в помещениях с пребыванием людей разделяется на категории качества от IDA 4 – низкое, IDA 2 и 3 – среднее, до IDA 1 – высокое. Предполагается несколько способов определения категории качества. В таблице 1 приведен пример одной из оценок по превышению уровня CO_2 , как индикатора, в воздухе помещений над наружным воздухом (табл.1) [2].

Таблица 1.

Превышение уровня CO_2 в помещении над его содержанием в наружном воздухе, ppm

Категория помещения	Типичный диапазон	Задаваемое значение
IDA 1	<400	350
IDA 2	400–600	500
IDA 3	600–1 000	800
IDA 4	≥1000	1 200

Системы механической вентиляции, где диктующим условием было содержание CO_2 в обслуживаемом помещении, хорошо проработаны и описаны различными экспертами. Системы естественной вентиляции в старом фонде рассчитаны на неорганизованный приток воздуха через неплотности ограждающих конструкций и инфильтрации оконных проемов. При этом стоит отметить, что повсеместная замена старых окон на стеклопакеты привела к резкому изменению баланса приточного воздуха. В современных зданиях предусматривается приточный клапан в стене, но его конструкция не всегда является удачной, и жители иногда его удаляют.

Информации по фактическим показателям содержания CO_2 в воздухе офисных помещений или жилом фонде в свободном доступе почти нет. С этой целью был проведен ряд экспериментов, изначально не претендующих на полное освещение проблемы. Измерения имеют ознакомительный характер для специалистов ОВиК, но в то же время отражают основные моменты проблематики.

Эксперименты проводились в жилом доме хрущевской пятиэтажной постройки. Ограждающие конструкции выполнены из кирпича. Квартиры двухкомнатные смежной конструкции с общей площадью 43 м²; количество жителей от 1 до 3. Квартиры оборудованы системами естественной вентиляции и дымоходами газовых водогрейных колонок.

Рассматривались квартиры вторых и третьих этажей как наиболее характерные. Все квартиры, в которых проводились измерения - с заменёнными окнами и стеклопакетами, оборудованными откидными створками окон для проветривания. В комнатах с балконами находилась откидная дверь. змерения проводились в центре помещения на уровне

спального места и уровне головы местах отдыха сидя. Прибор находился на высоте от 600 до 1000 мм. Все растения, для исключения их влияния, были удалены из помещения. Также для исключения влияния концентрационного выхлопа от человека регистраторы находились в 1 метре от человека.

Для эксперимента был использован прибор CO₂ Carbon Dioxide Hygrometer Thermometer Data Logger Humidity Air Temp. Meter. При помощи этого прибора проводились измерения уровня CO₂ в жилом помещении, а также запись данных за периоды измерений.

На рисунке 1 представлено изменение концентрации CO₂ в двухкомнатной квартире с полностью закрытыми окнами и одним человеком с 20:00 до 09:00 утра. Концентрация представлена в промилле, регистрация с 5 мин интервалом.

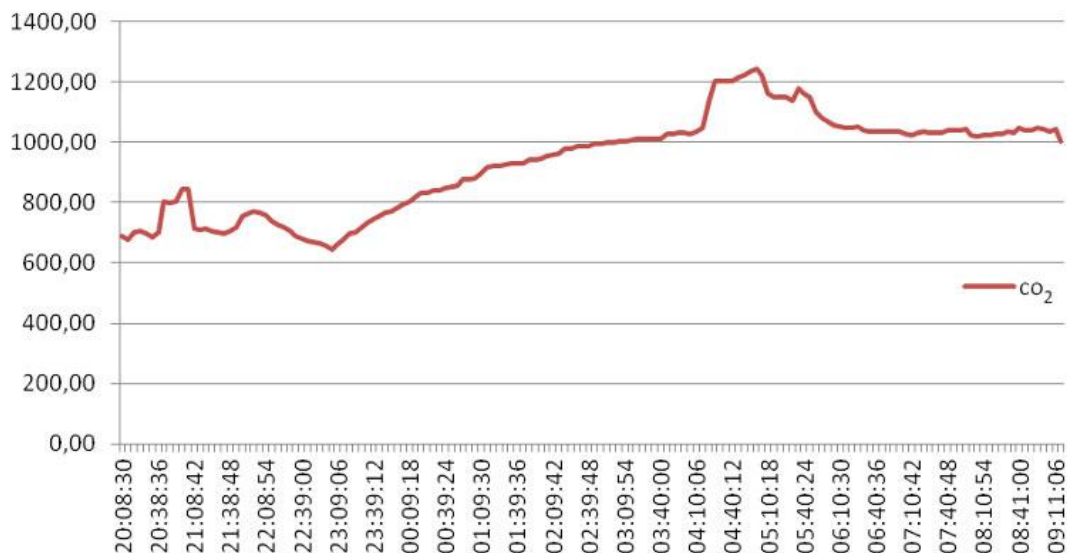


Рис.1 Изменение концентрации CO₂ в квартире при полностью закрытых окнах, где ось Oy – уровень концентрации CO₂ в ppm, а ось Ox – время проведения эксперимента.

С начала измерений наблюдаются колебания, а затем постепенный рост концентрации CO₂ в жилом помещении. Максимальное содержание углекислого газа (1210 ppm) зафиксировано около 5 часов утра, после чего происходит некоторая стабилизация. Стоит отметить, что условия на протяжении всего измерения не менялись. Из чего следует, что при неизменных условиях в непроветриваемом помещении концентрация CO₂ увеличивается до определенного уровня и стабилизируется.

При постоянном принудительном проветривании бытовым вентилятором производительностью 170 м³/час концентрации CO₂ в воздухе помещения колеблется от 400 до 550 ppm в течение суток. Рассмотрим более подробно режим проветривания.

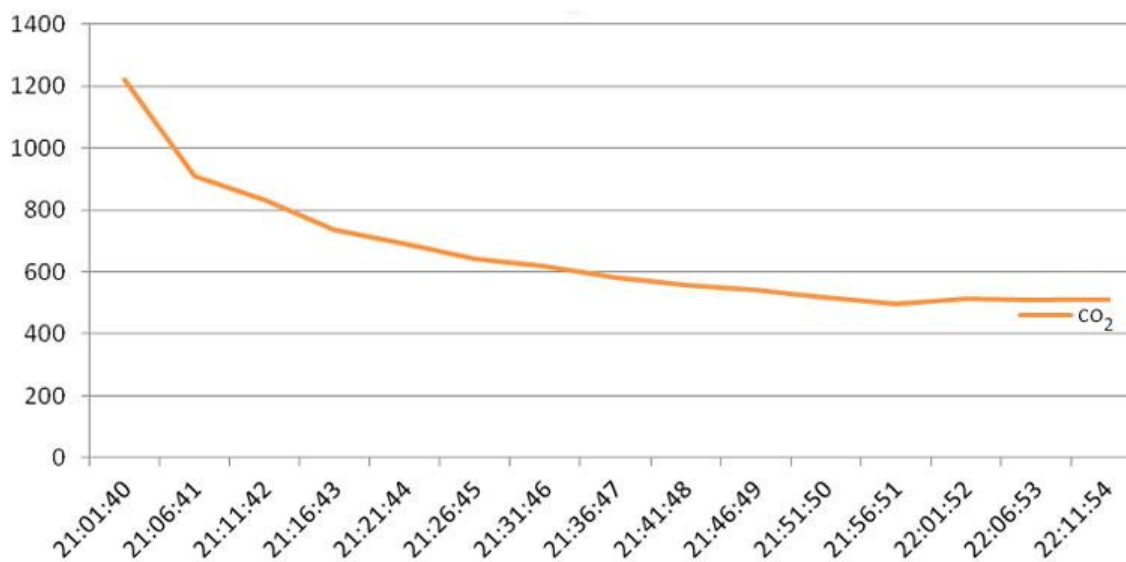


Рис.2 Изменение концентрации CO₂ в квартире в режиме проветривания с периодом записи в 5 минут, где ось Oy – уровень концентрации CO₂ в ppm, а ось Ox – время проведения эксперимента.

При открытой откидной створке окна в первые пять минут проветривания наблюдается быстрое снижение уровня CO_2 с 1210 до 900 ppm. Затем спад происходит более плавно и достигает своего минимального значения (500 ppm) через 55 минут после начала проветривания.

Для большей детализации была проведена запись с минутной регистрацией в режиме накопления и проветривания (рисунок 3).

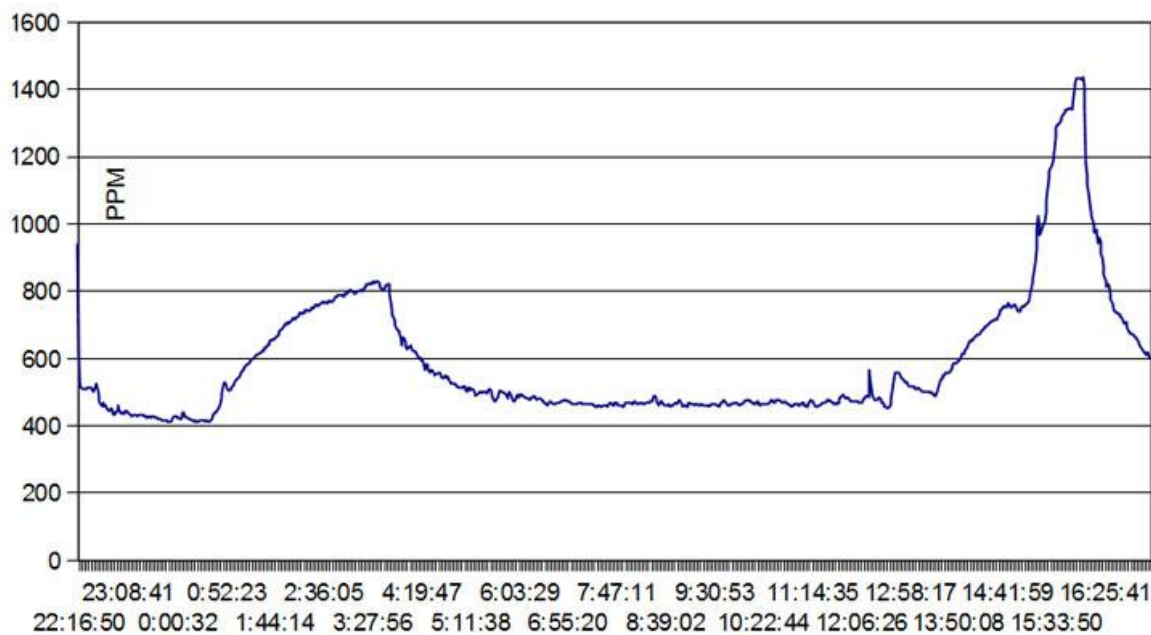


Рис.3 Изменение концентрации CO_2 в квартире с минутной регистрацией, где ось Oy – уровень концентрации CO_2 в ppm, а ось Ox – время проведения эксперимента.

В 23:20 были закрыты все окна, в 03:30 была открыта откидная створка окна для проветривания, в 6:00 - оставлено на микро проветривании. С 3:45 началось снижение концентрации CO_2 с некоторой задержкой (достигла рекомендуемых 500 ppm значений в 04:53). При этом снижение показателя до 700ppm произошло менее чем за 10 минут. В утренние и дневные часы уровень CO_2 в помещении практически не колебался. Вечерний пик (с 15:00 до 16:00) показателя концентрации CO_2 обусловлен включением газовой колонки и приготовлением пищи, в 16:02 было полностью открыто окно на проветривание. Температура в помещении при этом колебалась от 22,5 до 26,3 $^{\circ}\text{C}$. Влажность составляла от 41,7 до 63,9 %.

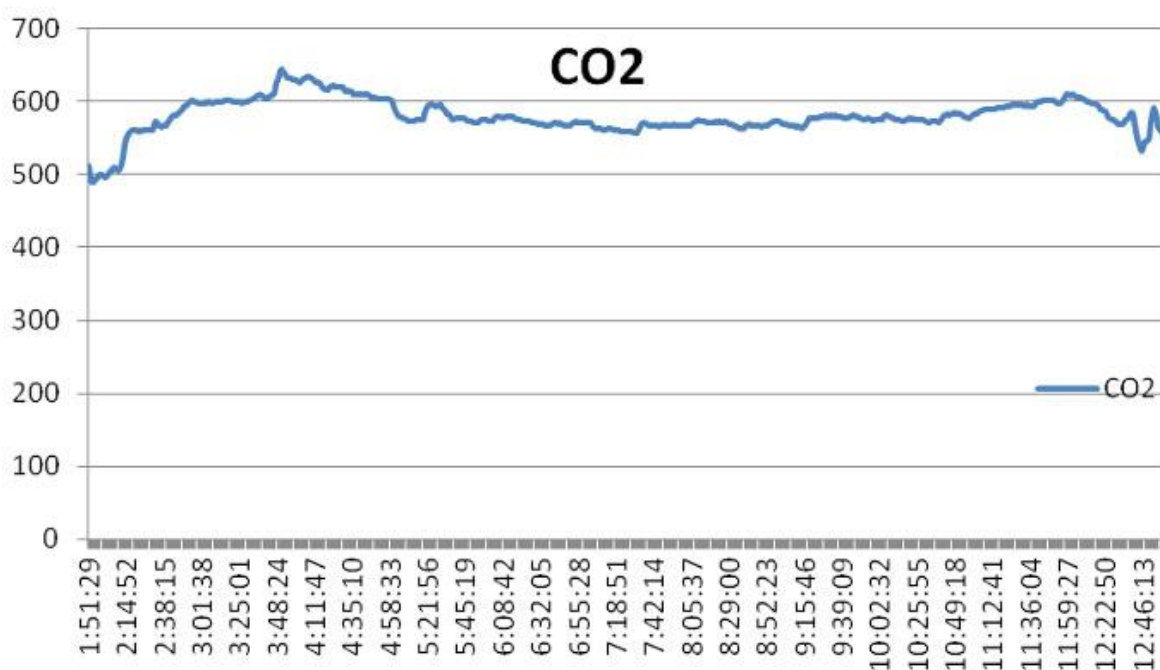


Рис.4 Изменение концентрации CO_2 в квартире при микропроветривании помещения, где ось Oy – уровень концентрации CO_2 в ppm, а ось Ox – время проведения эксперимента.

На рисунке 4 показаны данные по содержанию CO₂ в помещении с микропроветриванием и одним человеком в этом помещении. Эксперимент производился с 1:51 до 12:46. Концентрация углекислого газа на протяжении всего измерительного периода практически не изменяется. Влажность за период эксперимента в помещении составляла 54-57 %, разница между внутренней и наружной температурой - не более 5° С. В помещении температура колебалась от 23,6 до 24,5° С.

По результатам проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. Концентрация углекислого газа в жилом помещении при рассматриваемых размерах постройки и созданных для эксперимента условиях нарастает не до бесконечности, а максимальных значений уровень CO₂ достигает в непрветриваемых помещениях.
2. Нарастание CO₂ во времени не линейно по экспоненте, падение CO₂ также не линейно.
3. Полное проветривание без принудительной вентиляции происходит более чем за час, проветривание до приемлемого уровня - за 10 минут. При этом увеличение концентрации CO₂ в жилом помещении после полного проветривания происходит за три и более часов.
4. При отсутствии системы вентиляции для поддержания CO₂ в воздухе на приемлем уровне проветривание жилого помещения необходимо проводить в течение часа с периодичностью каждые три часа.

Список литературы:

1. ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.
2. Стандарт EN 13779:2004. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.
3. D. S. Robertson. *The rise in the atmospheric concentration of carbondioxide and the effects on human health. Med. Hypotheses*, 2001, 56.

Статью подготовил:

Попов М.И.— кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Производство и эксплуатация систем теплогазоснабжения и вентиляции» в СПб ГАСУ.