

ПРОБЛЕМА ПРЕВЫШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ВОЗДУХЕ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

В. Г. Новосельцев¹, С. В. Бойко², Д. В. Матлашук³

¹ К. т. н., доцент, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

² Студент факультета инженерных систем и экологии УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

³ Студент факультета инженерных систем и экологии УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

Реферат

В статье рассмотрена проблема превышения содержания углекислого газа в воздухе жилых и общественных зданий. Экспериментальным путем были получены данные о концентрации углекислого газа в учебных аудиториях 2 корпуса Брестского государственного технического университета и сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: углекислый газ, качество воздуха, норма, концентрация.

THE PROBLEM OF OF EXCESS CARBON DIOXIDE IN THE AIR IN LIVING AND IN PUBLIC BUILDINGS

V. G. Novoseltsev, S. V. Boyko, D. V. Matlashuk

Abstract

The article is about the problem of exceeding the carbon dioxide content in the air of living and public buildings. Experimental data were obtained on the concentration of carbon dioxide in the classrooms 2 buildings of the Brest State Technical University, and made the appropriate conclusions.

Keywords: carbon dioxide, air quality, norm, concentration.

Введение

Самочувствие и работоспособность человека тесно связаны с качеством воздуха там, где он трудится и отдыхает. Качество воздуха можно определить по концентрации углекислого газа CO₂.

Почему именно CO₂? Этот газ есть везде, где есть люди. Концентрация углекислого газа в помещении напрямую зависит от процессов жизнедеятельности человека – ведь мы его выдыхаем. Превышение уровня углекислого газа вредно для состояния организма человека, поэтому за ним необходимо следить. Рост концентрации CO₂ однозначно свидетельствует о проблемах работы систем вентиляции. Чем хуже работа систем вентиляции, тем больше концентрация вредных веществ в воздухе.

Как узнать, является ли приемлемым уровень углекислого газа в помещении? Ответ на этот вопрос будет напрямую зависеть от назначения здания и эксплуатируемого помещения.

Влияние углекислого газа на человека

Вопросам влияния качества воздуха в помещениях зданий на самочувствие людей уделяется особое внимание как экологами, врачами, диагностами, так и инженерами, проектировщиками систем вентиляции и кондиционирования воздуха. От качества воздуха зависит физическое состояние человека: при неудовлетворительном качестве воздуха люди чувствуют недомогание, потерю концентрации внимания, развитие болезней и т. д. К вредностям, подлежащим ассимиляции системами вентиляции, относятся газообразные загрязнители, выделяемые в процессе дыхания и через поверхность кожи человека (аммиак, сероводород, ацетон и т. п.), а также химические летучие соединения, выделяемые мебелью и отделочными материалами в помещении. В процессе дыхания человека в нормальных условиях изменению концентрации подвержены в основном два компонента воздуха: кислород и углекислый газ.

Рассмотрим подробнее механизмы влияния углекислого газа на человека. Этот биологически активный газ в организме связывается с кровью, вступает в буферную реакцию с гемоглобином, присоеди-

няясь к свободным аминокетильным группам его полипептидных цепей и образуя карбогемоглобин. При высоких концентрациях углекислого газа увеличиваются частота и глубина дыхания. Особенно резко возрастает вентиляция легких при совершаемой в условиях гиперкапнии мышечной работе: в 10–12 раз и более. Это далеко не безразлично для организма человека, возникают сложные, а часто и парадоксальные реакции. При очень больших концентрациях углекислого газа во вдыхаемом воздухе происходит сужение бронхов, а при концентрации выше 15% – спазм голосовой щели.

Изменения состава крови при длительной гиперкапнии заключаются в увеличении числа эритроцитов, лейкоцитов и содержания гемоглобина, увеличении вязкости крови, мобилизации форменных элементов из кровяных депо. В дальнейшем эти механизмы существенно угнетаются. Происходит уменьшение содержания сахара в крови, снижается утилизация глюкозы. Наблюдается уменьшение гликогенных запасов печени, снижение содержания гликогена в мозгу. Снижается содержание кальция в крови, и усиливается деминерализация костей, тормозится белковый обмен и ресинтез макроэргических фосфорных соединений. Особенно значительно уменьшается содержание АТФ в мозговой ткани. Повышение содержания углекислоты во вдыхаемом воздухе сначала вызывает учащение сердцебиения, затем, наоборот, – брадикардию. В связи с увеличением вязкости крови значительно увеличивается и нагрузка на сердце.

Основные изменения происходят, конечно же, в центральной нервной системе, и носят они при гиперкапнии фазный характер: сначала повышение, а затем снижение возбудимости нервных образований. Ухудшение условнорефлекторной деятельности наблюдается при концентрациях, близких 2%, а при содержании углекислого газа в 5–6% происходит значительное снижение амплитуды вызванных потенциалов головного мозга, десинхронизация ритмов спонтанной электроэнцефалограммы с дальнейшим угнетением электрической активности мозга.

Внешне у людей гиперкапния характеризуется появлением ряда субъективных симптомов, а именно – головной боли, головокружения, чувства разбитости, раздражительности, нарушений сна. Снижение работоспособности точно коррелирует с повышением процентного содержания углекислого газа в атмосферном воздухе. При приближении этого показателя к 1% увеличивается время двигательной реакции, уменьшается точность реакции слежения; при 1,5–2% начинает качественно меняться умственная деятельность человека, нарушаются функции дифференцировки, восприятия, оперативной памяти и распределения внимания. При длительной работе в атмосфере, содержащей 3% углекислого газа, начинаются существенные расстройства мышления, памяти, тонкой двигательной координации, резко возрастает число опечаток и ошибок деятельности, начинаются расстройства слуха и зрения.

Так как нормативный документ по параметрам микроклимата в Республике Беларусь отсутствует, то при проектировании многоквартирных и частных домов берут за основу межгосударственный стандарт ГОСТ 30494-2011 под названием «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». При рассмотрении норм углекислого газа в жилых и общественных помещениях, будем ссылаться на этот нормативный документ [2]. Нормы концентрации углекислого газа были сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Влияние на организм человека концентраций CO₂ в воздухе

Концентрация CO ₂ (ppm)	Строительные нормативы (согласно ГОСТ 30494-2011)	Влияние на организм согласно санитарно-гигиеническим исследованиям
менее 800	Воздух высокого качества	Идеальное самочувствие и бодрость.
800 – 1 000	Воздух среднего качества	На уровне 1 000 ppm каждый второй ощущает духоту, вялость, снижение концентрации, головную боль
1 000 – 1 400	Нижняя граница допустимой нормы	Вялость, проблемы с внимательностью и обработкой информации, тяжелое дыхание, проблемы с носоглоткой
Выше 1 400	Воздух низкого качества	Сильная усталость, безынициативность, неспособность сосредоточиться, сухость слизистых, проблемы со сном

Нормы углекислого газа в жилых помещениях

В жилых помещениях оптимальным значением концентрации CO₂ является диапазон от 800–1000 ppm. Отметка на уровне 1400 ppm – предел допустимого содержания углекислого газа в помещении. Если его больше, то качество воздуха считается низким.

Однако уже 1000 ppm не признается вариантом нормы целым рядом исследований, посвященных зависимости состояния организма от уровня CO₂. Их данные свидетельствуют о том, что на отметке 1000 ppm больше половины испытуемых ощущают последствия ухудшения микроклимата: учащение пульса, головную боль, усталость и, конечно, пресловутое «нечем дышать».

Физиологи нормальным уровнем CO₂ считают 600–800 ppm. Хотя некоторые единичные жалобы на духоту возможны и при указанной концентрации. Выходит, что строительные нормативы уровня CO₂ вступают в противоречие с выводами исследователей-физиологов. В последние годы именно со стороны последних все громче раздаются призывы обновить допустимые пределы, но пока дальше призывов дело не идет. Чем ниже норма CO₂, на которую ориентируются строители, тем дешевле обходится устройство вентиляции.

Нормы углекислого газа в офисах

В офисах наблюдаются те же проблемы, что и в учебных заведениях: повышенная концентрация CO₂ мешает сосредоточиться. Количество ошибок, совершаемых работниками, увеличивается, вследствие чего производительность труда падает.

Нормативы содержания углекислого газа в воздухе для офисов в целом те же, что для квартир и домов: приемлемым считается 800–1400 ppm. Однако, как мы уже выяснили, уже 1000 ppm доставляет дискомфорт каждому второму.

К сожалению, во многих офисах проблема никак не решается. Где-то просто ничего о ней не знают, где-то ее сознательно игнорирует руководство, а где-то пытается решить при помощи кондиционера. Струя прохладного воздуха действительно создает кратковременную иллюзию комфорта, однако углекислый газ никуда не исчезает и продолжает негативно воздействовать на организм человека.

Может быть и так, что офисное помещение построено с соблюдением всех нормативов, но эксплуатируется с нарушениями. Например, плотность размещения сотрудников слишком велика. Согласно строительным правилам, на одного человека должно приходиться от 4 до 6,5 м² площади. Если сотрудников больше, то и углекислый газ в воздухе накапливается быстрее.

Нормы углекислого газа в учебных заведениях

В учебных заведениях оптимальным уровнем концентрации CO₂ в помещении принимается диапазон: 800–1000 ppm. Отметка на уровне 1400 ppm – предел допустимого содержания углекислого газа в помещении. Если его больше, то качество воздуха считается низким. Ведь чем больше углекислого газа в воздухе, тем сложнее сосредоточиться и справиться с учебной нагрузкой.

Исследование качества воздуха в аудиториях Брестского государственного технического университета

Для исследований были выбраны 7 аудиторий корпуса № 2 Брестского государственного технического университета. Авторами был проведен замер концентрации углекислого газа до и после занятий в аудиториях с использованием многофункционального прибора Testo 435. Исследования показали, что за время учебного занятия (1,5 часа) диапазон концентрации углекислого газа в воздухе составляет от 700 ppm до 2500 ppm. Данные о концентрациях углекислого газа сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Концентрации CO₂ в воздухе аудиторий

Помещения	Концентрация углекислого газа в ppm	
	до занятия	после занятия
ауд. 05	831	2706
ауд. 06	780	1227
ауд. 07	815	1461
ауд. 103	859	2536
ауд. 104	855	2228
ауд. 107	1091	1233
ауд. 108	819	2224

Сравнение полученных концентраций углекислого газа в аудиториях «до» и «после» проведения занятия с нормативными концентрациями показано на рисунке 1.

Из графика видно, что качество воздуха в аудиториях не соответствует необходимым значениям. Это обусловлено тем, что:

- 1) окна в помещениях не предусматривают инфильтрацию воздуха, чем усугубляют работу систем вентиляции;

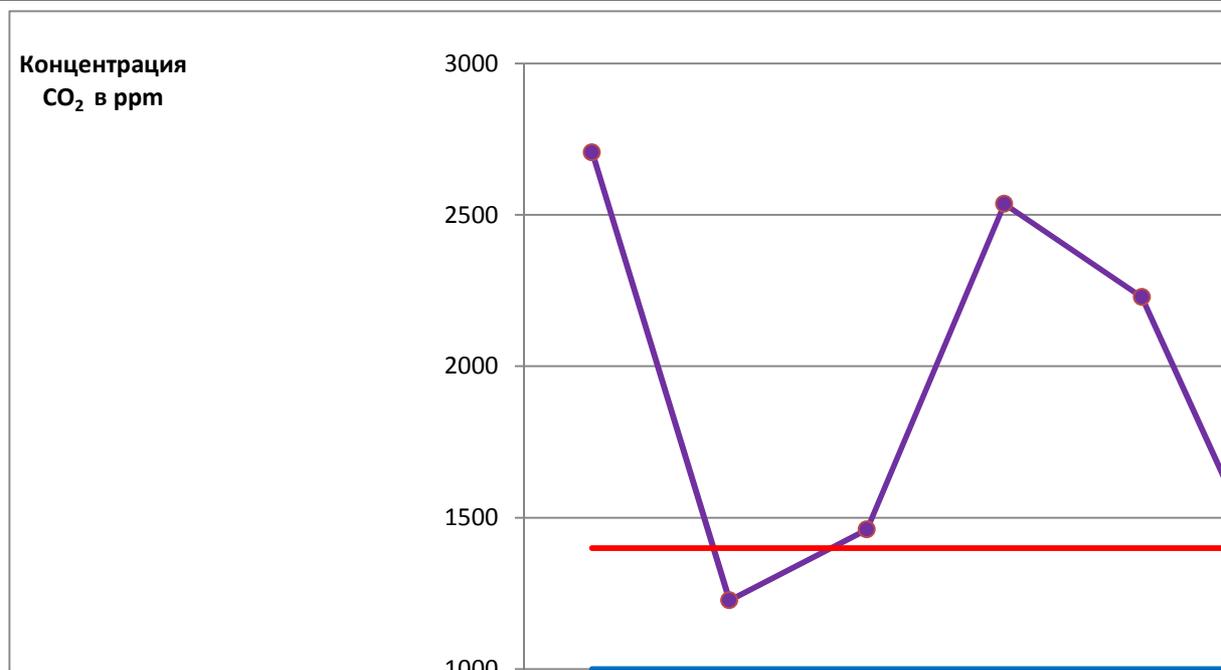


Рисунок 1 – Сравнение экспериментальных и нормативных значений концентраций CO₂

- 2) существующая система естественной вентиляции не обеспечивает допустимого воздухообмена;
- 3) кабинеты редко проветриваются. Длительности проветривания учебных аудиторий, в зависимости от температуры наружного воздуха и длительностью перемен приведены в таблице 2 [3].

Таблица 3 – Длительность проветривания учебных помещений

Наружная температура воздуха (в °С)	Длительность проветривания помещений (в мин.)	
	в малые перемены	в большие перемены и между сменами
От +10 до +6	4-10	25-35
От +5 до 0	3-7	20-30
От 0 до -5	2-5	15-25
От -5 до -10	1-3	10-15
Ниже -10	1-1,5	5-10

Заключение

1. Качество воздуха в учебных аудиториях 2 корпуса Брестского государственного технического университета не соответствует Межгосударственному стандарту ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
2. Для снижения вредного воздействия на данном этапе необходимы:
 - а) проверка работоспособности существующей системы вытяжной вентиляции и, в случае обнаружения дефектов, принятие необходимых мер по их ликвидации;
 - б) проведение бесед с сотрудниками и студентами университета о важности проветривания помещений.

Список цитированных источников

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс] / Техэксперт. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>. – Дата доступа : 17.03.2019.
2. Нормы CO₂ [Электронный ресурс] / TION. – Режим доступа : <https://tion.ru/blog/normy-co2/>. – Дата доступа : 17.03.2019.
3. График проветривания учебных помещений [Электронный ресурс] / schools.by. – Режим доступа : <https://kopisskiygupk.schools.by/pages/grafik-provetrivaniya-uchebnyh-pomeschenij> – Дата доступа : 09.04.2019.
4. Наумов, А. Л. CO₂: критерий эффективности систем вентиляции / А. Л. Наумов, Д. В. Капко // АВОВ. – № 1 : Вентиляция. – 2015.

References

1. Electronic Legal and Regulatory Documentation Fund [Electronic Resource] / Technical Expert – Access Mode : <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>. – Access Date : 17.03.2019.
2. CO₂ Standards [Electronic Resource]/TION. – Access Mode : <https://tion.ru/blog/normy-co2/>. – Access Date : 17.03.2019.
3. Ventilation schedule of classrooms [Electronic resource]/schools.by. – Access mode : <https://kopisskiygupk.schools.by/pages/grafik-provetrivaniya-uchebnyh-pomeschenij> – Access date : 09.04.2019.
4. Naumov, A. L. CO₂: efficiency criterion of ventilation systems / A. L. Naumov, D. V. Kapko // AVOK. – № 1: Ventilation. – 2015.

Материал поступил в редакцию 30.03.2020