

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА (II) ПО ВЫСОТЕ ЗДАНИЯ ОТ АВТОТРАНСПОРТА И ВЕНТИЛЯЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Литвинова Н.А.¹

¹ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», Тюмень, Россия (625001, Тюмень, Луначарского,2), e-mail: bgd@tgasu.ru

В статье представлены результаты натурных исследований содержания окиси углерода в атмосфере по высоте от поверхности земли от передвижных источников загрязнения. Исследования по высоте зданий концентрации окиси углерода не проводились для климатических условий юга Западной Сибири. Объектом исследования являлись жилые здания. Исследования проводились при неблагоприятной скорости ветра. Обработка экспериментальных данных позволила получить расчетные зависимости безразмерной величины концентрации оксида углерода (II) от высоты фасада зданий от источников выброса от магистралей с различной интенсивностью движения. Построена номограмма для определения оптимальной высоты воздухозабора для зданий различной этажности от магистралей разной интенсивности движения. Данные рекомендации позволяют учитывать наружные источники при проектировании вентиляции здания. Расчетные зависимости позволяют определить минимальную концентрацию по высоте здания от автотранспорта.

Ключевые слова: воздух, автотранспорт, вентиляция.

DISTRIBUTION OF THE CONCENTRATION OF CARBON MONOXIDE (II) THE HEIGHT OF THE BUILDING FROM VEHICLES AND ROOM

Litvinova N.A.¹

¹ Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, Tyumen, Russia (625001, Tyumen, Lunacharsky,2), e-mail: bgd@tgasu.ru

The article presents the results of in situ studies of carbon monoxide in the atmosphere at a height from the surface of the earth from mobile sources of pollution. Studies on the height of buildings in the concentration of carbon monoxide was not conducted for the climatic conditions of the South of Western Siberia. The object of the study was a residential building. The studies were conducted under unfavorable wind speed. Processing of experimental data allowed to obtain the calculated dependences of dimensionless concentration of carbon monoxide (II) the height of building facades from sources of emissions from highways with different traffic intensity. Constructed a nomogram to determine the optimal height of the air intake of buildings from roads with different traffic intensity. These recommendations allow to consider external sources when designing the ventilation of the building. Calculated dependences allow to determine the minimum concentration along the height of the building from vehicles.

Keywords: air, vehicles, ventilation.

Численность автомобилей в городах быстро увеличивается, а вместе с тем увеличивается валовый выброс вредных веществ, большинство из которых попадает внутрь зданий. При этом в большинстве зданий городских территорий применяется естественная вытяжная вентиляция, которая не позволяет контролировать уровень загрязненности внутреннего воздуха [4]. При использовании механической вентиляции приточный воздух в городских условиях может также привести к ухудшению качества воздушной среды [5]. Данная система вентиляция была запроектирована во многих жилых зданиях крупных городов, таких как Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Новосибирск и др. Все вышеперечисленные города относятся к городам с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Распределение загрязняющих веществ по высоте жилых зданий имеет определенный характер [1-3]. Интерес представляют исследования на содержание окиси углерода между этажами в многоэтажных зданиях, находящихся под воздействием передвижных источников выброса, что важно при выборе воздухозабора для приточной вентиляции зданий.

Цель исследования

Цель проведенных исследований – разработка расчетных зависимостей для оптимизации воздушного режима зданий в зависимости от качества наружного воздуха от автотранспорта.

Объекты и методы исследования

В качестве загрязнителя был выбран оксид углерода (II) CO, как наиболее устойчивая примесь в воздушной среде. Данных натуральных исследований концентраций CO по всей высоте здания от автотранспорта представлено недостаточно, исследования были проведены лишь только в приземном слое [6].

В наружном воздухе измерялась величина концентрации оксида углерода (II). Все анализы проводились на базе аналитической лаборатории ФГУЗ «Центра гигиены и эпидемиологии по Тюменской области». Натурные исследования проводились в течение трех лет в весенне-летний и осенне-зимний периоды.

Объектом исследования являлись жилые здания (пяти-, девяти-, десятиэтажные), находящиеся в районе перекрестков с различной интенсивностью движения автотранспорта: свыше 2000 авт./час; от 1000-2000 авт./час; от 600–1000 авт./час; до 500–600 авт./час. Были выбраны точки с интенсивным движением, где часто происходит торможение и высокий выброс вредных веществ, в частности, перекрестки. Исследования проводились при наиболее неблагоприятной скорости метра (1-3 м/с).

Величина концентрации CO в наружном воздухе измерялась по высоте зданий. Всего было выбрано 354 постов наблюдений на границе с жилой застройкой.

Отбор проб от передвижных источников проводился с 6 до 13 ч или с 14 до 21 ч, чередуя дни с утренними и вечерними сроками. В ночное время – 1,2 раза в неделю. Одновременно замерялась скорость ветра (м/с) и отмечалось его направление.

При отборе проб вблизи здания на расстоянии не менее 0,5 м от стены. Отбор проб также проводился и внутриквартального пространства.

Результаты исследования и их обсуждение

Приведены зависимости на рисунках 1-2 величины концентрации CO от высоты здания, рядом с перекрестком с интенсивностью свыше 2000 авт./час.

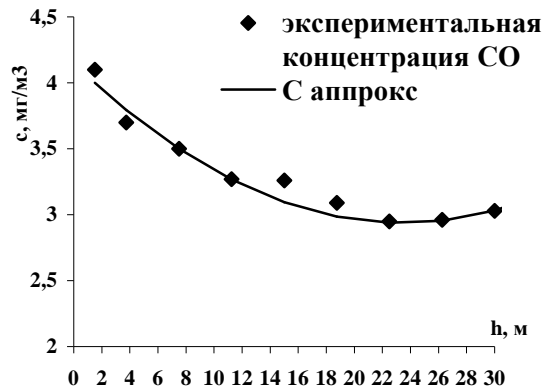
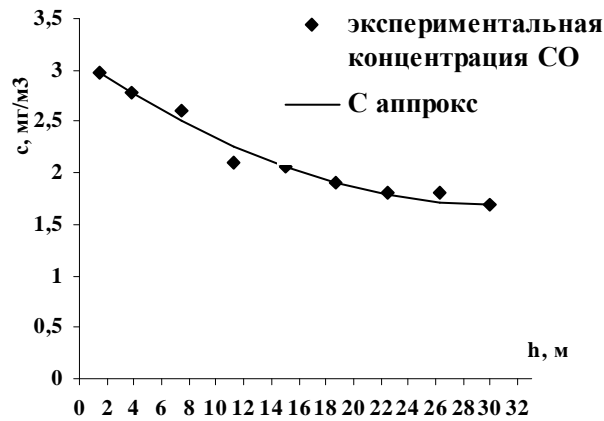


Рис. 1. Зависимость концентрации CO от высоты с наветренной стороны здания от магистрали с интенсивностью 2000 авт./час

$$C_{наветр} = 0,0022 \cdot h^2 - 0,1035 \cdot h + 4,15 \quad (1)$$



$$C_{подвет} = 0,0015 \cdot h^2 - 0,0923 \cdot h + 3,11 \quad (2)$$

Рис. 2. Зависимость концентрации CO от высоты с подветренной стороны здания от магистрали 2000 авт./час

По графикам видно (рисунок 1–2), что концентрация CO от передвижных источников по высоте уменьшается. Самые высокие концентрации отмечаются со стороны наветренного фасада на уровне 1 и 2 этажа: 1,4ПДК_{с.с.}, со стороны подветренного – 1,1ПДК_{с.с.} и 1ПДК_{с.с.}, аппроксимационные зависимости (1)–(2). При фронтальной застройке перед зданием образуется некоторый застой воздушных масс, поэтому создаются повышенные концентрации CO.

Также исследовались здания (фронтальная застройка) рядом с перекрестками с интенсивностью движения до 500–600 авт./час; 600–1000 авт./час; свыше 2000 авт./час. Результат измерений концентраций CO по высоте зданий также представлен в виде функции от безразмерной длины ($\frac{h}{H}$, где H – высота здания). Величина концентрации по высоте

представлена в безразмерном виде по отношению к максимальной $\left(\frac{c}{c_{\max}}\right)$, где c_{\max} – максимальная концентрация по высоте здания, c – концентрация на высоте h).

Обработка результатов экспериментальных исследований позволила получить полуэмпирические зависимости величины концентрации СО от высоты здания от перекрестков с различной интенсивностью движения (таблица 1). Зависимости характеризуются значением коэффициента достоверности аппроксимаций $R^2 \geq 0,98$.

Таблица 1

Расчет безразмерной концентрации СО по всей высоте здания от магистралей различной интенсивности движения автотранспорта

Интенсивность движения, авт./час	Наветренная сторона (I)	Подветренная сторона (II)
до 500–600	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0012 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,054 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,135$	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0009 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,021 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,121$
от 600–1000	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0032 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,144 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,433$	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0012 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,111 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,324$
от 1000–2000	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0055 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,356 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,792$	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0034 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,176 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,583$
свыше 2000	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right)_{\text{наветр}} = 0,0065 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,513 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,991$	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right)_{\text{подветр}} = 0,0035 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,302 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,812$

Для того чтобы можно было определить концентрацию в любой точке по высоте здания, построена номограмма (рисунок 3). Пользуясь данной номограммой при проектировании системы вентиляции здания, можно определить максимальную и минимальную концентрацию СО в любой точке по высоте здания от перекрестков различной интенсивности движения. На рисунке 3 линией показана допустимая безразмерная концентрация и высоты, на уровне которых можно осуществлять забор наружного воздуха по высоте здания. При интенсивности 1000-2000 авт/час приток воздуха осуществлять с высоты выше $0,24H$ метров, где H – высота здания; при интенсивности выше 2000 авт/час забор воздуха выше $0,56H$ метров. Для небольшой интенсивности превышение не обнаружено, то забор воздуха согласно номограмме желательно осуществлять с высоты равной высоте здания H , так как на данной высоте наблюдается минимальная концентрация СО.

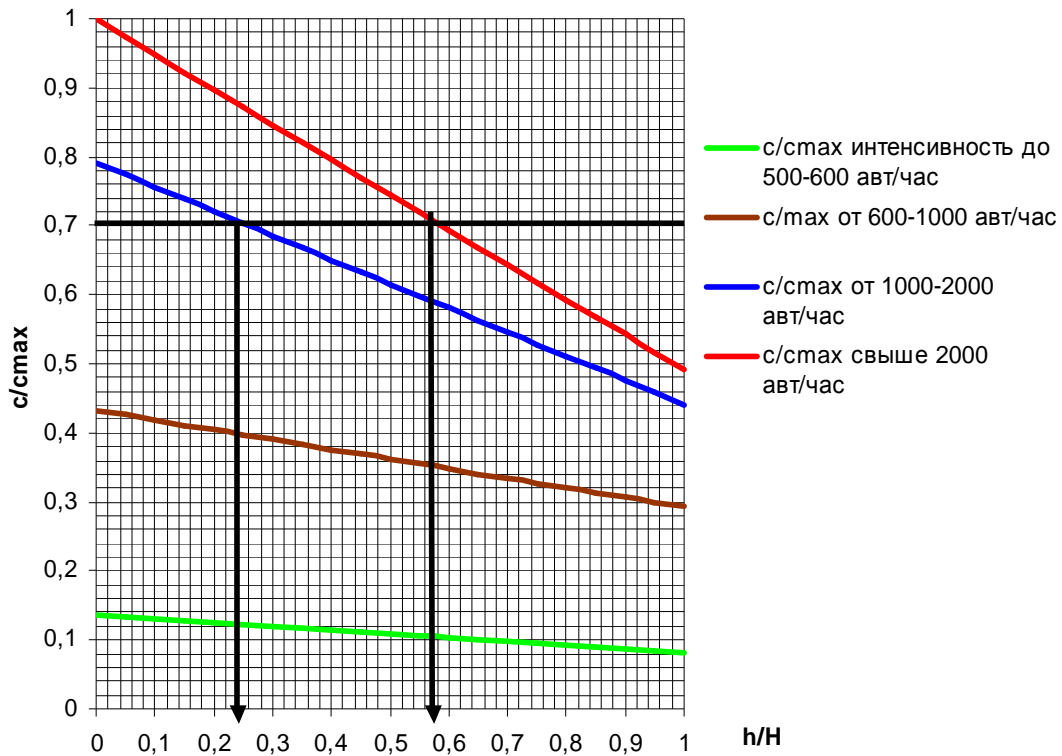


Рис. 3. Номограмма для определения оптимальной высоты воздухозабора по концентрации окиси углерода по высоте зданий в наружном воздухе от автотранспорта:
 h – высота от поверхности земли, м; H – высота здания, м; C_{max} – концентрация окиси углерода максимальная по высоте здания, $мг/м^3$; C – концентрация окиси углерода на высоте h , $мг/м^3$

К примеру, если здание высотой 30 метров, то согласно номограмме на рисунке 3 при интенсивности движения выше 2000 авт./час приток воздуха следует осуществлять выше $0,56H=16,8$ метров, а при тех же условиях для здания 40 метров – выше $0,56H=22,4$ метра. Это объясняется процессами аэродинамики здания, то есть обтеканием здания воздушным потоком. Чем выше здание, тем больше размеры аэродинамической тени. Чем ближе точка к зданию, тем больше возникают вторичные рециркуляционные течения воздуха и застойные зоны, в которых скорость воздуха близка к нулю. Следовательно, концентрация окиси углерода выше. В связи с этим необходимо учитывать и высоту здания при выборе оптимального места воздухозабора.

Выводы

Таким образом, натурные исследования показали, что самые высокие концентрации от неорганизованных источников загрязнения отмечаются на уровне 1 и 2 этажа и выше в зависимости от интенсивности транспортной магистрали. С высотой загрязнение от автотранспорта уменьшается в зависимости от высоты здания.

По результатам исследований разработаны способы расчета для выбора оптимальной высоты забора воздуха для приточной механической вентиляции в зданиях по величине

концентрации СО в наружном воздухе в любой точке (h) по высоте здания (H) с учетом передвижных источников. Это важно на первой стадии проектирования системы вентиляции зданий, так как полученные зависимости предсказывают уровень загрязненности по всей высоте здания (выше 2 м).

Список литературы

1. Владимирова Е.А. Численное моделирование распространения пассивной примеси в атмосфере / Е.А. Владимирова // Метеорология и гидрология. – 1999. - №7. – С. 22-34.
2. Гримсруд Д.Т. Борьба с загрязнением воздуха в жилых зданиях средствами вентиляции: летучие органические вещества и радон/ Д.Т. Гримсруд, Д.Е. Хэдлиш // Труды ASHRAE. – 1999. – С.114.
3. Губернский Ю.Д. Эколого-гигиеническая безопасность жилища/ Ю.Д. Губернский // Гигиена и санитария. – 1994. - № 3. – С.15-18.
4. Ливчак В.И. Решения по вентиляции многоэтажных жилых зданий/ В.И. Ливчак // АВОК. – 1999. - №6. – С. 21-25.
5. Малявина Е.Г. Воздушный режим высотного здания в течение года/ Е.Г. Малявина, С.В. Бирюков, С.Н. Дианов // АВОК. –2003. - № 6. – С. 14.
6. Сидоренко В.Ф. О расчете концентраций окиси углерода в воздухе автомагистралей и прилегающей жилой застройки / В.Ф. Сидоренко, Ю.Г. Фельдман // Гигиена и санитария. – 1974. - № 1. – С. 7.

Рецензенты:

Скипин Л.Н., д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность», ФГБОУ Тюменский государственный архитектурно-строительный, г. Тюмень;

Саркисян Г.Т., д.т.н., профессор, Тюменское высшее инженерно-командное училище (военный институт), Министерство обороны РФ, г. Тюмень.