

# Чистота воздуха в зданиях в условиях высокой интенсивности движения автотранспорта

**Н.А. Литвинова**, доцент, канд. техн. наук

Тюменский государственный архитектурно-строительный университет

e-mail: litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru

**Ключевые слова:**  
загрязнение,  
воздух,  
автотранспорт,  
транспортные магистрали,  
оксид углерода (II),  
место воздухозабора,  
вентиляция зданий.

*В статье представлены результаты натурных исследований качества воздуха при наличии передвижных источников загрязнения. Исследования концентрации окиси углерода проводились для климатических условий юга Западной Сибири. Объектом исследования были жилые здания. Обработка экспериментальных данных позволила получить расчетные зависимости безразмерной величины концентрации оксида углерода (II) от высоты фасада зданий при загрязнении атмосферного воздуха транспортными магистралями. По результатам исследований построена номограмма для определения оптимальной высоты воздухозабора для зданий различной этажности, расположенных вблизи магистралей с разной интенсивностью движения транспорта. Результаты исследований и сделанные рекомендации позволяют учитывать наличие наружных источников загрязнения при проектировании вентиляции здания.*

## 1. Введение

Распределение загрязняющих веществ по высоте зданий имеет определенный характер и исследовалось ранее [1–4]. Интерес представляют исследования содержания оксида углерода (II) в наружном воздухе в многоэтажных зданиях, находящихся под воздействием передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха, что важно при выборе места забора воздуха при проектировании приточной вентиляции зданий [4]. В городских условиях ошибочно спроектированная приточная механическая вентиляция может привести к ухудшению качества воздушной среды в помещении [5–10]. На стадии проектирования системы вентиляции трудно прогнозировать уровень загрязнения воздуха по высоте здания.

*Цель исследований* — разработка расчетных зависимостей для выбора оптимального места забора приточного воздуха с учетом качества наружного воздуха по высоте зданий.

## 2. Экспериментальные исследования

В качестве загрязнителя был выбран оксид углерода (II) CO. Данных натурных исследований концентраций CO, образующегося от автотранспорта, по высоте здания недостаточно, исследования были проведены только в приземном слое [6]. Натурные исследования проводились в течение трех лет в весенне-летний и осенне-зимний периоды.

*Объектом исследования* были здания различной этажности (пяти-, девяти-, десятиэтажные), находящиеся в районе перекрестков с различной интенсивностью движения автотранспорта: свыше 2000 авт./ч, 1000–2000 авт./ч, 600–1000 авт./ч, 500–600 авт./ч. Для анализа были выбраны места с интенсивным движением, где часто происходили торможение и наибольший 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 всей высоте здания. Всего было вы-

брано 354 поста наблюдений на границе с городской 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. Пробы отбирались вблизи здания на расстоянии не менее 0,5 м от стены. Отбор проб также проводился во внутриквартальном пространстве.

### 3. Результаты и их обсуждение

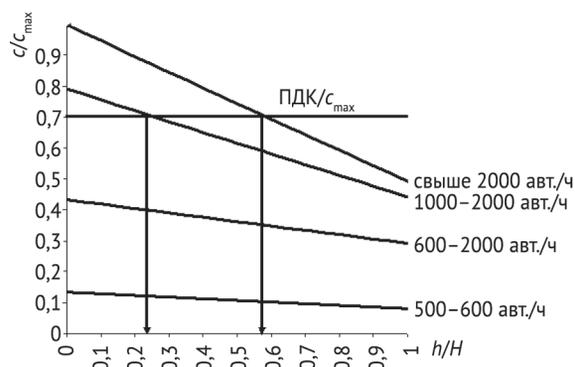
Результат измерения концентрации СО по высоте зданий  $h$  представлен в виде функции от безразмерной длины ( $h/H$ , где  $H$  — высота здания, м). Величина концентрации по высоте представлена в безразмерном виде по отношению к максимальной концентрации ( $\frac{c}{c_{\max}}$ , где  $c_{\max}$  — максимальная концентрация по высоте здания,  $\text{мг/м}^3$ ;  $c$  — концентрация на высоте  $h$ ,  $\text{мг/м}^3$ ).

Обработка результатов экспериментальных исследований позволила получить расчетные эмпирические зависимости величины концентрации СО по высоте здания на перекрестках с различной интенсивностью движения (см. таблицу). Зависимости характеризуются значением коэффициента достоверности аппроксимации  $R^2 \geq 0,98$ .

По представленным в таблице расчетным зависимостям построена номограмма для определения оптимальной высоты расположения воздухозабора для минимизации концентрации оксида углерода.

Номограмма построена по зависимостям для наветренной стороны здания. С подветренной стороны следует уменьшить на 15% результат для наветренной стороны.

Пользуясь данной номограммой при проектировании системы вентиляции здания, можно опре-



Номограмма для определения оптимальной высоты воздухозабора по концентрации оксида углерода (II) по высоте зданий в наружном воздухе от автотранспорта:

$h$  — высота от поверхности земли, м;  $H$  — высота здания, м;  
 $c_{\max}$  — максимальная концентрация окиси углерода по высоте здания,  $\text{мг/м}^3$ ;  $c$  — концентрация окиси углерода на высоте  $h$ ,  $\text{мг/м}^3$

делить концентрацию СО в любой точке по высоте здания. На рисунке линией ПДК/  $c_{\max}$  показана допустимая безразмерная концентрация в точке забора воздуха в приточную вентиляцию.

При интенсивности 1000–2000 авт./ч приток воздуха осуществляется с высоты выше 0,24H м, где  $H$  — высота здания, м; при интенсивности выше 2000 авт./ч забор воздуха выше 0,56H м. Для интенсивности 600–1000 авт./ч превышение не обнаружено, забор воздуха согласно номограмме желательно осуществлять с высоты, равной высоте здания  $H$ , так как на данной высоте наблюдается минимальная концентрация СО.

В частности, если высота здание 30 м, то согласно номограмме на рисунке при интенсивности движения выше 2000 авт./ч приток воздуха следует осуществлять выше 0,56H = 16,8 м, а при тех же условиях

Таблица

Расчетные эмпирические зависимости безразмерной концентрации СО по высоте здания на магистралях с различной интенсивностью движения автотранспорта

Интенсивность движения, авт./ч	Наветренная сторона (I)	Подветренная сторона (II)
500–600	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0012 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,054 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,135$	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0009 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,021 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,121$
600–1000	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0032 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,144 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,433$	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0012 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,111 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,324$
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	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0065 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,513 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,991$	$\left(\frac{c}{c_{\max}}\right) = 0,0035 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0,302 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,812$

интенсивности движения для здания 40 м — выше  $0,56H = 22,4$  м. Это объясняется процессами аэродинамики здания, т. е. 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 оксида углерода (II) в наружном воздухе выше. В связи с этим кроме интенсивности движения при выборе оптимального места воздухозабора необходимо учитывать высоту здания.

#### 4. Заключение

Натурные исследования показали, что самая высокая концентрация от неорганизованных источни-

ков загрязнения отмечается в зданиях на уровне 1–2-го этажей и выше в зависимости от интенсивности транспортной магистрали. С высотой загрязнение от автотранспорта уменьшается в зависимости от высоты всего здания.

По результатам исследований разработаны способы расчета для выбора оптимальной высоты забора воздуха для приточной механической вентиляции в зданиях по величине концентрации CO в наружном воздухе в любой точке ( $h$ ) по высоте здания ( $H$ ) с учетом передвижных источников выброса. Это важно на первой стадии проектирования системы вентиляции зданий для чистоты воздуха в помещениях, так как полученные зависимости позволяют прогнозировать уровень загрязненности по всей высоте здания (выше 2 м).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров Е.А. Численное моделирование распространения пассивной примеси в атмосфере // Метеорология и гидрология. — 1999. — №7. — С. 22–34.
2. Гримсруд Д.Т., Хэдлиш Д.Е. Борьба с загрязнением воздуха в жилых зданиях средствами вентиляции: летучие органические вещества и радон // Труды ASHRAE. — 1999. — С.114.
3. Губернский Ю.Д. Эколого-гигиеническая безопасность жилища // Гигиена и санитария. — 1994. — № 3. — С. 15–18.
4. Ливчак В.И. Решения по вентиляции многоэтажных жилых зданий // АВОК. — 1999. — №6. — С.21–25.
5. Малявина Е.Г., Бирюков С.В., Дианов С.Н. Воздушный режим высотного здания в течение года // АВОК. — 2003. — № 6. — С. 14.
6. Сидоренко В.Ф., Фельдман Ю.Г. О расчете концентраций окиси углерода в воздухе автомагистралей и прилегающей жилой застройки // Гигиена и санитария. — 1974. — № 1. — С.7.
7. Скипин Л.Н., Храпцов Н.В., Храпцов Д.Н., Шиндин В.Н. Природоохранные мероприятия снижения эмиссии углекислого газа // Аграрный вестник Урала. — 2013. — № 9 (115). — С. 77–79.
8. Сапега В.А. Изменение основных параметров выбросов загрязняющих веществ и охрана атмосферного воздуха в Тюменской области // Актуальные проблемы строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири Сборник материалов международной научно-практической конференции. — 2014. — С.185–191.
9. Жилияков Е.В. Здоровье населения как интегральный показатель качества окружающей среды // Санитарный врач. — 2009. — № 4. — С.44–47.
10. Литвинова Н.А. Автотранспорт и чистота воздуха в жилых помещениях // Актуальные проблемы строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири. Сборник материалов III международной научно-практической конференции. — 2010. — С.113–116.

#### REFERENCES

1. Vladimirov E.A. Numerical simulation of spread of passive tracer in the atmosphere. Meteorology and hydrology. 1999, I. 7, pp. 22–34. (in Russian)
2. Grimsrud et al., the Fight against air pollution in residential buildings by means of ventilation: volatile organic compounds and radon/ D. T. grimsrud et al., D. E. Hadlich. Proceedings of the ASHRAE. 1999, pp. 114. (in Russian)
3. Gubernskiy Y.D. Ecological-hygienic home security systems. Hygiene and sanitation. 1994, I. 3, pp. 15–18. (in Russian)
4. Livchak V.I. To deal with the ventilation of multi-storey residential buildings. ABOK. 1999, I. 6, pp. 21–25. (in Russian)
5. Malyavin E. G. Air mode high-rise buildings during the year. ABOK. 2003, I. 6, pp. 14. (in Russian)
6. Sidorenko V.F. On the calculation of the concentrations of carbon monoxide in the air of the highways and adjacent residential development. Hygiene and sanitation. 1974, I. 1, p. 7. (in Russian)
7. Skipin L.N. Environmental protection measures to reduce emissions of carbonic gas. Agrarian Bulletin of the Urals. 2013, I. 9 (115), pp. 77–79. (in Russian)
8. Sapaga V.A. Change the basic parameters of the emission of pollutants and the protection of atmospheric air in the Tyumen region. Actual problems of construction, environmental protection and energy saving in conditions of Western Siberia proceedings of the international scientific-practical conference. 2014, pp. 185–191. (in Russian)
9. Gilykov E.V. Population Health as an integral indicator of environmental quality. Health officer. 2009, I. 4, pp. 44–47. (in Russian)
10. Litvinova N.A. Transport and air quality in residential areas. Actual problems of construction, environmental protection and energy saving in conditions of Western Siberia proceedings of the III international scientific-practical conference. 2010, pp. 113–116. (in Russian)

## Buildings' Air Quality in High Traffic

**N.A. Litvinova**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Tyumen State University of Architecture and Construction, Tyumen

*The article presents the results of field studies of air quality depending on mobile sources of pollution. Studies of the carbon monoxide concentration was conducted for the climatic conditions of the South of Western Siberia. The object of the study was residential buildings. 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) on the height of building's facade under emissions from highways. According to the results of research a nomogram was constructed to determine the optimal air intake height of buildings located near roads of various traffic intensity. Research results and given recommendations allow considering external sources of pollution when designing ventilation of a building.*

**Keywords:** air, pollution, transport, highway, carbon oxide (II), air intake point, ventilation.

### Приказ Минобрнауки России № 1561 от 30.12.2015 г.

Указанным приказом установлены квоты на стипендии Президента Российской Федерации для студентов (курсантов, слушателей) и аспирантов (адъюнктов), обучающихся по очной форме обучения по направлениям подготовки, соответствующим приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики, в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по имеющим государственную аккредитацию образовательным программам высшего образования, федеральным органам исполнительной власти, другим главным распорядителям средств федерального бюджета, имеющим в ведении организации, осуществляющие образовательную деятельность, на 2016/2017 учебный год.

В соответствии с приказом руководителям федеральных органов исполнительной власти и другим главным распорядителям средств федерального бюджета необходимо до 1 марта 2016 г. представить в Минобрнауки России списки претендентов на назначение стипендий Президента Российской Федерации.

Для студентов выделено 2700 стипендий, в том числе для организаций в подчинении Минобрнауки России 2195 стипендий.

Для аспирантов выделено 300 стипендий, в том числе для организаций в подчинении Минобрнауки России 225 стипендий.

### Приказ Минобрнауки России № 1533 от 29.12.2015 г.

Указанным приказом установлены квоты на стипендии Правительства Российской Федерации для студентов (курсантов, слушателей) и аспирантов (адъюнктов) организаций, осуществляющих образовательную деятельность, обучающихся по очной форме обучения по направлениям подготовки, соответствующих приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики, федеральным государственным органам, в ведении которых находятся организации, осуществляющие образовательную деятельность, организациям, осуществляющим образовательную деятельность, являющимся главными распорядителями средств федерального бюджета, организациям, осуществляющим образовательную деятельность, функции и полномочия учредителя в отношении которых осуществляет Правительство Российской Федерации, на 2016/2017 учебный год.

В соответствии с приказом руководителям федеральных государственных органов на основании квот, установленных Минобрнауки России, до 20 марта 2016 г. установить квоты для студентов и аспирантов организациям, осуществляющим образовательную деятельность, находя-

щимся в их подчинении, пропорционально численности студентов и аспирантов

Для студентов выделено 4500 стипендий, в том числе для организаций в подчинении Минобрнауки России, организаций субъектов РФ, муниципальных и частных организаций, осуществляющих образовательную деятельность, 3657 стипендий. В частности отдельно выделены квоты для Высшей школы экономики (25 стипендий), Финансового университета при Правительстве РФ (2 стипендии), МГУ им. М.В. Ломоносова (1 стипендия), СПбГУ (1 стипендия).

Для аспирантов выделено 500 стипендий, в том числе для организаций в подчинении Минобрнауки России, организаций субъектов РФ, муниципальных и частных организаций, осуществляющих образовательную деятельность, 327 стипендий. В частности отдельной строкой выделены квоты для Высшей школы экономики (2 стипендии), Финансового университета при Правительстве РФ (2 стипендии), МГУ им. М.В. Ломоносова (21 стипендия), СПбГУ (11 стипендий), НИЦ «Курчатовский институт» (2 стипендии), Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (13 стипендий).