

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕННОГО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Н. А. Литвинова

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», г. Тюмень

Рецензент д-р техн. наук, профессор Г. Т. Саркисян

Ключевые слова: атмосфера; аэродинамическая тень; воздухообмен; загрязнение; здания; котельные; место забора приточного воздуха; оксид углерода (II); точечные источники.

Аннотация: Представлены результаты натурных исследований содержания оксида углерода (II) в атмосфере по высоте от поверхности земли при воздействии точечных источников загрязнения. Получены расчетные зависимости безразмерной величины концентрации загрязнителя по всей высоте здания от источников различной высоты выброса. Исследования проведены при наиболее неблагоприятной скорости ветра по отношению к зданию. Предложен минимальный расход наружного воздуха для снижения загрязнителя на 1 м² площади. Отмечено, что полученные зависимости позволяют учитывать наружные источники при выборе места забора воздуха при проектировании системы вентиляции здания.

Загрязняющие компоненты, присутствующие внутри помещения, можно разделить на две группы. Первая из них обусловлена генерацией загрязнителей непосредственно в помещении. Вторая – поступлением загрязняющих веществ в помещение из внешней среды. Здание имеет постоянный воздухообмен с внешней средой, поэтому все внутренние помещения в той или иной мере связаны с атмосферным воздухом. Загрязнения извне поступают внутрь здания через системы вентиляции, проветривания, неплотности в ограждающих конструкциях. В настоящее время концентрации газообразных примесей в атмосфере по высоте от поверхности земли вблизи зданий изучены недостаточно [1].

Проблема выбора мест воздухозабора решается на стадии проектирования объекта строительства, а именно проектирования всей системы вентиляции вновь строящегося здания. Безусловно, воздухозабор осуществ-

Литвинова Наталья Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность», e-mail: litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru, ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», г. Тюмень.

ляется из чистой зоны, не ниже 2 м от поверхности земли, в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, в частности СНиП 41-01–2003 [2]. При этом воздухозаборные устройства рекомендуются размещать в местах наименьшего загрязнения наружного воздуха – вдали от улиц с интенсивным движением автотранспорта, котельных, внутри кварталов, в зоне зеленых насаждений. В случае, когда на уровне 2 м нельзя осуществить воздухозабор, его, как правило, размещают над верхним покрытием здания, где качество воздуха не контролируется.

На сегодняшний день требуется уточнение и конкретизация выбора высоты точек воздухозабора приточной вентиляции, особенно от высоких источников выброса, разной высоты по отношению к зданию [3, 4]. Следовательно, выбор высоты точек воздухозабора недостаточно обоснован, так как при выборе площадки для строительства невозможно предсказать уровень загрязнения по всей высоте здания [5]. Все вышеперечисленное приводит к загрязнению внутреннего воздуха помещений. Кроме того, основным методом по снижению загрязнения воздуха в помещениях является достаточный воздухообмен с наружным воздухом. При этом величина воздухообмена должна определяться не только степенью загрязнения воздушной среды помещения, но и степенью загрязнения атмосферного воздуха.

Цель исследований – определить зависимость величины концентрации оксида углерода (II) от высоты от поверхности земли вблизи зданий в городской среде при воздействии точечных источников выброса. При этом необходимо решить две задачи воздушного режима – внешнюю (выбор оптимального места воздухозабора) и внутреннюю (минимальный расход воздуха внутри помещения).

Для достижения поставленных задач в качестве загрязнителя выбран оксид углерода (II) как наиболее устойчивая примесь в воздушной среде. Оксид углерода (II) СО образуется при неполном сгорании топлива в присутствии воздуха, недостаточного для полного образования CO_2 . Натурные исследования концентраций СО по высоте здания от труб котельных малой и средней мощности практически отсутствуют. Исследования проводились в приземном слое [6].

На территории г. Тюмени спланированы и проведены исследования в течение трех лет в осенне-зимний и весенне-летний периоды. Всего выбрано 60 постов наблюдения. При выезде на объекты в каждой точке отобрано 20 проб. В промышленном городе обычно существуют два максимума роста концентраций веществ, загрязняющих атмосферу: первый – при ветре 0...2 м/с за счет выбросов низких и средних источников (10...25 м), второй – при ветре 4...6 м/с за счет выбросов высоких источников (от 30 м и выше) [7]. В связи с этим исследования проводились при наиболее неблагоприятной скорости ветра: 5 м/с от источников высотой 30 и 60 м, 1...2 м/с – 15 и 22 м. Объектом исследования являлись здания (пяти-, девяти-, десятиэтажные), находящиеся в районе размещения точечных источников непрерывного действия.

Величина концентрации СО в наружном воздухе измерялась по высоте зданий, – от 1,5 м и выше. Здания, расположенные в районе размещения точечных источников выброса, находились на различных от источников расстояниях в зависимости от размеров санитарно-защитной зоны (непосредственно в зоне рассеивания струи факела), то есть на расстояниях $5H_{ii}$;

$10H_{и}; 15H_{и}; 20H_{и}$, где $H_{и}$ – высота источника выброса, м. Разрешение на строительство здания может быть дано, так как по результатам замеров концентрации на уровне 1,5...2 м не превышают допустимых норм. В связи с этим проводились исследования по всей высоте здания, чтобы конкретизировать точки воздухозабора выше 2 м, что невозможно сделать на стадии проекта, особенно при многоэтажном строительстве.

Результат измерений концентраций СО по высоте зданий представлен в виде функции от безразмерной длины (h/H , где h – высота источника выброса от поверхности земли, м; H – высота здания, м). Величина концентрации по высоте представлена в безразмерном виде по отношению к максимальной (c/c_{\max} , где c – концентрация на высоте h , мг/м^3 ; c_{\max} – максимальная концентрация по высоте здания, мг/м^3).

Обработка экспериментальных данных позволила получить расчетные зависимости безразмерной величины концентрации СО от высоты фасада зданий при воздействии источников различной высоты: 1) выше здания – $H_{и} > H$ ($H_{и} = 2H$); 2) ниже здания – $H_{и} < H$ ($H_{и} = 0,5H$); 3) равной высоте здания – $H_{и} = H$. В таблице представлены зависимости концентраций СО от высоты фасада здания при различной высоте источника выброса $H_{и} = 0,5H$ и $H_{и} = H$.

Зависимости концентраций СО от высоты фасада здания при различной высоте источника выброса

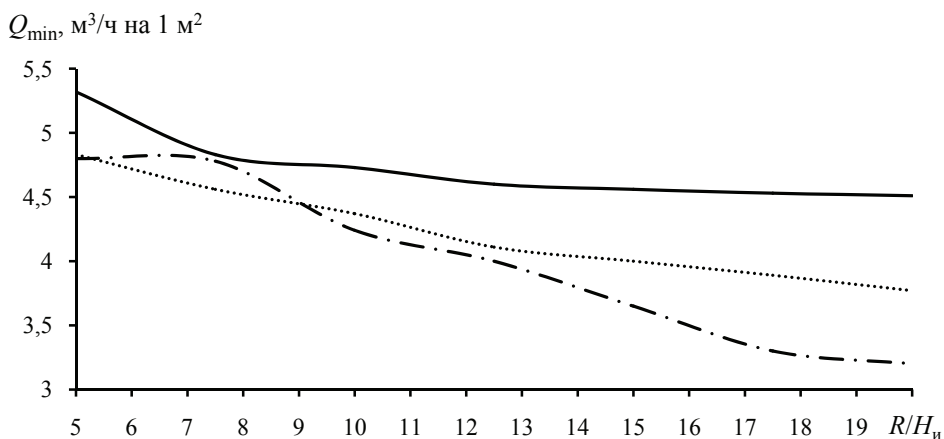
$\frac{R^*}{H_{и}}$	Наветренная сторона (I)	Подветренная сторона (II)
$H_{и} = 0,5H$		
5	$\frac{c}{c_{\max}} = -2,375\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 2,338\left(\frac{h}{H}\right) + 0,062$	$\frac{c}{c_{\max}} = -2,122\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 2,014\left(\frac{h}{H}\right) + 0,046$
10	$\frac{c}{c_{\max}} = -1,703\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 2,022\left(\frac{h}{H}\right) + 0,044$	$\frac{c}{c_{\max}} = -1,246\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 2,001\left(\frac{h}{H}\right) + 0,021$
15	$\frac{c}{c_{\max}} = -0,296\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 0,715\left(\frac{h}{H}\right) + 0,113$	$\frac{c}{c_{\max}} = -0,258\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 0,519\left(\frac{h}{H}\right) + 0,099$
$H_{и} = H$		
5	$\frac{c}{c_{\max}} = -2,083\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 1,780\left(\frac{h}{H}\right) + 0,361$	$\frac{c}{c_{\max}} = -2,042\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 1,489\left(\frac{h}{H}\right) + 0,124$
10	$\frac{c}{c_{\max}} = -1,556\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 2,198\left(\frac{h}{H}\right) + 0,253$	$\frac{c}{c_{\max}} = -1,355\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 2,011\left(\frac{h}{H}\right) + 0,156$
15	$\frac{c}{c_{\max}} = -1,719\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 1,951\left(\frac{h}{H}\right) + 0,288$	$\frac{c}{c_{\max}} = -1,540\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 1,745\left(\frac{h}{H}\right) + 0,099$
* R – расстояние от устья источника до здания, м.		

Проведенные натурные исследования показали, что максимум концентраций оксида углерода (II) по высоте зданий, находящихся под воздействием точечных источников, может отмечаться на любой высоте здания. Концентрация CO зависит от высоты источника выброса $H_{и}$ по отношению к высоте самого здания H , а также от расстояния между зданием и источником выброса.

Расчетные зависимости получены на самые неблагоприятные метеорологические условия, то есть при смене направления и скорости ветра точка воздухозабора не будет меняться. Зависимости позволяют определить максимальную концентрацию в любой точке здания от поверхности земли h , на различных расстояниях от источника выброса и для любой высоты здания H .

Одновременно замеры проводились и внутри помещений исследуемых зданий при плотно закрытых оконных конструкциях и в режиме проветривания. В результате установлена степень влияния наружного воздуха на качество внутреннего от внешних источников: при положении оконных конструкций в режиме проветривания в воздушной среде помещений концентрация оксида углерода (II) достигает 90 % от концентрации перед фасадом здания, при плотно закрытых оконных проемах за счет инфильтрации воздуха – от 15 до 38 %. В связи с этим CO проникает в помещения, и необходимость учета величины концентрации CO по высоте зданий в наружном воздухе является обоснованной.

По результатам натурных исследований получен минимальный расход наружного воздуха на 1 м^2 площади для зданий, расположенных на различных расстояниях от источника (различной высоте по отношению к зданию). Для того чтобы определить минимальный расход наружного воздуха на 1 м^2 площади, необходимо найти отношение расстояния, на котором находится здание от источника, к высоте самого источника $R/H_{и}$ (рисунок). Затем следует определить высоту источника по отношению к высоте здания: $H_{и} = 0,5H$; $H_{и} = H$; $H_{и} = 2H$.



Графики для определения минимального расхода воздуха (м³/ч наружного воздуха на 1 м^2 площади) для снижения концентрации CO от точечных источников (топливо – природный газ):

— — $H_{и} = 0,5H$; — $H_{и} = H$; - · - · — $H_{и} = 2H$

Таким образом, при проектировании системы приточной вентиляции зданий необходимо использовать разработанные методы расчета, с помощью которых конкретизируется место размещения воздухоприемного отверстия в зависимости от степени загрязненности наружного воздуха по всей высоте здания. Это позволит спроектировать вентиляцию здания с учетом наружных источников загрязнения и снизить концентрацию вредных веществ внутри помещений. Решена внутренняя задача воздушного режима – определены объемы воздуха для снижения в помещениях концентрации оксида углерода (II). Полученные расчетные зависимости внедрены в ЗАО «Тюменский институт по проектированию объектов агропромышленного комплекса» при строительстве административного высотного здания с учетом точечного источника ниже здания в 0,5 раз ($H_{и} = 0,5H$). Данные рекомендации по оценке прогнозируемого уровня концентраций оксида углерода (II) в наружном воздухе позволили при проектировании принудительной системы вентиляции зданий в г. Тюмени выбрать оптимальную высоту забора наружного воздуха.

Список литературы

1. Малявина, Е. Г. Воздушный режим жилых зданий. Учет влияния воздушного режима на работу системы вентиляции жилых зданий / Е. Г. Малявина, С. В. Бирюков, С. Н. Дианов // АВОК. – 2003. – № 6. – С. 14 – 21.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование : СНиП 41-01–2003 : взамен СНиП 2.04.05–91 ; введ. 2004–01–01. – М. : Госстрой РФ, 2004. – 59 с.
3. Ливчак, В. И. Решения по вентиляции многоэтажных жилых зданий / В. И. Ливчак // АВОК. – 1999. – № 6. – С. 21 – 25.
4. Губернский, Ю. Д. Эколого-гигиеническая безопасность жилища / Ю. Д. Губернский // Гигиена и санитария. – 1994. – № 3. – С.15 – 18.
5. 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.
6. Сидоренко, В. Ф. Методика расчета концентраций выхлопных газов автотранспорта в жилой застройке / В. Ф. Сидоренко, В. Ф. Михеев. – Киев : Инженер.-строит. ин-т, 1986. – 20 с.
7. Безуглая, Э. Ю. К оценке метеорологических условий загрязнения атмосферы / Э. Ю. Безуглая // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. – 1984. – Вып. 479. – С. 87 – 88.

References

1. Malyavina E.G., Biryukov S.V., Dianov S.N. *AVOK*, 2003, no. 6, pp. 14-21.
2. Rosstroy, *SNiP 41-01–2003. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie* (Sanitary norms and rules 41-01-2003. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie), Moscow: Gosstroy RF, 2004, 59 p.
3. Livchak V.I. *AVOK*, 1999, no. 6, pp. 21-25.
4. Gubernskii Yu.D. *Hygiene and sanitation*, 1994, no. 3, pp. 15-18.
5. Sidorenko V.F., Feldman Yu.G. *Hygiene and sanitation*, 1974, no.1, pp. 7.

6. Sidorenko V.F., Mikheev V.F. *Metodika rascheta kontsentratsii vykhlopnykh gazov avtotransporta v zhiloi zastroike* (Calculation Procedure of Transport Exhaust Concentrations in Apartment Block), Kiev: Inzhenerno-stroitel'nyi institut, 1986, 20 p.

7. Bezuglaya E.Yu. *Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory*, 1984, vol. 479, pp. 87-88.

The Formation of Environmentally-Friendly of Indoor Air Environment and Polluted Atmosphere Air

N. A. Litvinova

Tyumen State University of Architecture and Construction, Tyumen

Keywords: air exchange; atmosphere; boilers; buildings; carbon oxide (II); point sources; place of fresh air intake; pollution; wind shadow.

Abstract: The paper describes the results of in situ studies of carbon monoxide (II) concentration in the atmosphere by adjustment height above the ground of the point sources of pollution. Point sources are boilers of low and medium power. Studies of the concentration of carbon oxide (II) by the adjustment height of buildings were not carried out. The dependencies of the dimensionless concentrations of the pollutant by the height of building facades from sources of different heights were calculated. The studies were conducted under the most unfavorable wind speed in relation to the building. We propose a minimum flow rate of outdoor air to reduce the pollutant per 1 m² of the area. It is noted that the proposed dependencies allow taking into account the external sources when choosing the location of the air intake, and designing the building ventilation system.

© Н. А. Литвинова, 2015