

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ

А. А. Танская, асп.

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры»*

Постановка проблемы.

Атмосферный воздух - жизненно важный компонент окружающей естественной среды, который являет собой естественную смесь газов, которая находится за пределами обитаемых, производственных и других помещений [1]. В настоящее время во многих регионах мира загрязнение воздушного бассейна уже превысило возможный уровень адаптации живых организмов, в том числе, организма человека.

Качество атмосферного воздуха характеризуется нормативом или критериями качества, которые отражают предельно допустимое минимальное содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, при котором отсутствует отрицательное воздействие на здоровье человека и состояние окружающей природной среды. Природное качество воздушной и других сред жизни является результатом естественного взаимодействия многих биотических и биотических биосферных факторов. Антропогенные же факторы вносят существенные негативные коррективы в данный процесс.

Ежегодно в атмосферу выбрасывается большое количество разнообразных веществ, каждая из которых опасна для живых организмов и наносит вред материальным ценностям (здания, сооружения, дорожные покрытия и т. д.), тем самым нанося большие экономические убытки. Антропогенными источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами являются организованные стационарные источники (48,5%), передвижные средства (33,0%), неорганизованные стационарные источники (5,8%) и очистные сооружения (12,7%)[2].

Особенностью эксплуатации систем отопления и вентиляции является тесная взаимосвязь качества атмосферного воздуха и качества внутренней среды помещений. В то же время, зачастую, человек непреднамеренно снижает качество среды внутри помещений, подавая в них загрязнённый наружный воздух, а также используя такие источники ряда вредных факторов, как средства бытовой химии, электрическую технику, газовые приборы и др. [3].

Анализ исследований и публикаций.

Проблема загрязнения окружающей среды отображена в трудах ученых и практиков: Белявский Г.О., Берлянд М.Е., Голубец Н.А., Джигирей В.С., Изразль Ю.А., Некос В.Ю., Сахаев В.Б., Черноморец А.И. и др.

Вопросами качества воздуха внутри помещений занимались Строй А.Ф., Уадди Р., Уайберг И., Фомин Г.С., Фомина О.Н., Шефер П., P. Ole Fanger, Xavier Guardino Sola и многие другие.

Однако мало кто уделил внимание рассмотрению этих двух составляющих комплексно, в тесной взаимосвязи.

Формулировка целей статьи (постановка задачи).

Вопрос качества воздушной среды является весьма актуальным, т.к. обеспечение качества воздуха в помещениях – залог комфортности и экологичности нашей жизни. Вместе с тем, известно, что система вентиляции воздуха - одна из наиболее энергозатратных инженерных систем. Поэтому рассмотрение данного вопроса с экономической точки зрения является важной задачей.

Состояние воздушной среды и микроклимата внутри помещений в немалой степени зависят от качества наружного (атмосферного) воздуха и климатических условий ландшафта, которые, в свою очередь, определяются не только природными, но и антропогенными факторами [3].

Целью данной статьи является показать и проанализировать как эти две составляющие взаимосвязаны между собой. Рассматривая атмосферный воздух, мы говорим о выбросах вредных веществ, процессах рассеивания загрязнений и об экологическом риске для человека и окружающей природной среды. Говоря о воздухе помещений, мы, в первую очередь, говорим о микроклимате, обеспечение которого достигается системами жизнеобеспечения, в том числе отопления и вентиляции.

Обсуждение результатов.

К рассмотрению предлагаются два случая: для производственных и жилых помещений.

1. В помещении находится постоянно действующий источник загрязнения интенсивностью q [г/с]. В первом приближении $q = const$. В этом случае оказалось, что взаимосвязь атмосферного воздуха и воздуха помещений возможно описать на основе балансных соотношений. Случай характерен для производственных помещений.

Обозначим коэффициент очистки воздуха через η . Для определения необходимого значения параметра η можно предложить экономический критерий. Логика рассуждения здесь такова.

Обозначим стоимость подачи вентиляционной системой секундного объема воздуха в помещение через S_Q [грн/(м³/сек)]. Затраты на очистку воздуха S_η [грн/(м³/сек)] являются некоторой функцией параметра η . При $\eta=0$ естественно положить, что $S_\eta = 0$, а при $\eta \rightarrow \infty$, затраты значительно увеличиваются, достигая больших величин. Как вариант, можно предложить структуру функции S_η в виде $S_\eta = S(\eta) = S_o \cdot \eta / (1 - \eta)$. Здесь величина S_o характеризует степень очистки воздуха до 50%, т.е. когда концентрация загрязняющих веществ в приточном воздухе на выходе из очистного устройства в два раза ниже концентрации загрязнений наружного воздуха ϕ_o .

После определенных математических преобразований оптимальное значение η_{opt} определится из выражения:

$$\eta_{opt} = 1 - \frac{\xi C}{\phi_o} \cdot \frac{1}{1 + \sqrt{S_Q q / S_o \phi_o}} \quad (1)$$

где: C [мг/м³] - санитарная норма для воздуха в помещении, ξ - коэффициент рассеивания загрязнения в помещении.

Естественно, что при ином способе задания функции $S(\eta)$ величина $\eta_{\text{опт}}$ будет определяться из другого выражения. Однако, принципиально этот параметр зависит от двух безразмерных соотношений: соотношения концентраций $\xi C/\varphi_o$ и соотношения затрат на вентиляцию и очистку с учетом уровня загрязнения помещения (q) и наружного воздуха (φ_o): $S_Q q/S_o \varphi_o$ [3].

Исходя из данных соображений, построены зависимости $\eta_{\text{опт}}$ от значения соотношений $\xi C/\varphi_o$ и $S_Q q/S_o \varphi_o$ (рис. 1, 2).

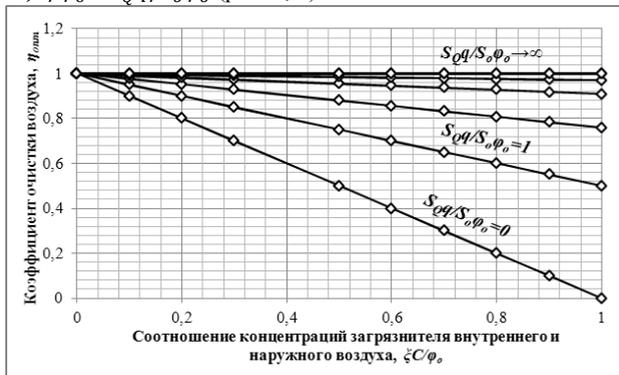


Рис. 1. Зависимость $\eta_{\text{опт}}$ от соотношения концентраций загрязнителя помещения и наружного воздуха.

При отсутствии загрязнения в помещении ($q=0$), значение $\eta_{\text{опт}}$ будет минимальным. Полученный график наглядно показывает, что, чем больше значение концентрации загрязнения наружного воздуха, тем большая требуется степень очистки, а следовательно затрачивается больше ресурсов и больше денежных средств. При $S_Q q/S_o \varphi_o \rightarrow \infty$ необходимо обеспечить 100% очистку воздуха.

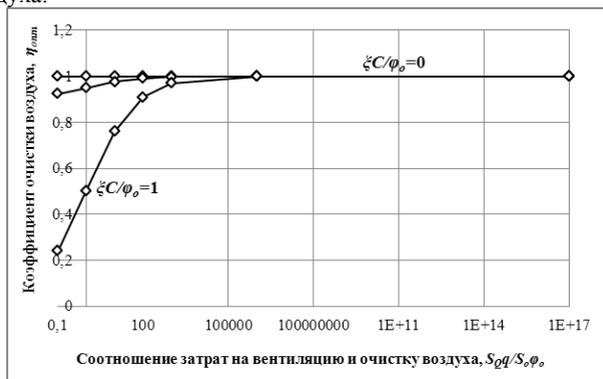


Рис. 2. Зависимость $\eta_{\text{опт}}$ от соотношения затрат на вентиляцию и очистку с учётом уровня загрязнения помещения и наружного воздуха.

Из графика (рис. 2) следует, что, чем больше значение C , т.е. чем более лояльные санитарные нормы, тем меньшая степень очистки требуется поступающему воздуху. А чем больше загрязнение наружного воздуха, тем более жёсткие требования предъявляются к очистке поступающего вентиляционного воздуха.

Несмотря на простоту и многие упрощающие допущения, этот подход даёт возможность наглядно продемонстрировать взаимосвязь качества внутренней среды помещений и атмосферного воздуха.

Решение данной задачи даёт возможность определить целесообразность проведения очистных мероприятий и экономический оптимум очистки воздуха в соответствии с санитарной нормой.

2. Для жилых помещений характерен следующий случай.

В начальный момент времени концентрация загрязнителя в помещении составляет C_0 [мг/м³]. Фоновое загрязнение атмосферы C_{ϕ} [мг/м³].

В единицу времени в помещение поступает приточный вентиляционный воздух интенсивностью $Q_{\text{пр}}$ [м³/ч], отток воздуха составляет $Q_{\text{в}}$ [м³/ч].

Требуется определить концентрацию загрязнителя в помещении $C(t)$ в момент времени t , объём помещения V [м³]. Пусть масса загрязнителя составит $m(t) = C(t) \cdot V$.

За время Δt с приточным воздухом поступает количество загрязнителя $\Delta t \cdot C_{\phi} \cdot Q_{\text{пр}}$, а удаляется $\Delta t \cdot C(t) \cdot Q_{\text{в}}$.

Тогда уровень загрязнения помещения в момент времени $t + \Delta t$ составит:

$$C(t + \Delta t) = C(t) + \frac{\Delta t \cdot C_{\phi} \cdot Q_{\text{пр}}}{V} - \frac{\Delta t \cdot C(t) \cdot Q_{\text{в}}}{V} \quad (2)$$

Разложение функции $C(t + \Delta t)$ в ряд имеет вид:

$$C(t + \Delta t) = C(t) + \frac{\Delta t \cdot d \cdot C(t)}{dt} + \frac{\Delta t^2}{2} \cdot \frac{d^2 \cdot C(t)}{dt^2} + \dots \quad (3)$$

Пренебрегая малыми высших порядков из (2) и (3) получим следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{dC}{dt} + C(t) \frac{Q_{\text{в}}}{V} - C_{\phi} \cdot \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{в}}} = 0 \quad (4)$$

с начальным условием $C(0) = C_0$.

Решение уравнения (4) имеет вид:

$$C(t) = C_0 \cdot e^{-\frac{Q_{\text{в}}}{V}t} + C_{\phi} \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{в}}} \left(1 - e^{-\frac{Q_{\text{в}}}{V}t}\right) \quad (5)$$

Анализ уравнения (5) показывает, что при $t \rightarrow \infty$ установившееся значение концентрации загрязнителя в помещении составит $C_{\infty} = C_{\phi} \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{в}}}$.

Если $Q_{\text{пр}} = Q_{\text{в}}$, то концентрация загрязнителя в помещении будет равна фоновому загрязнению атмосферы.

При отсутствии источника загрязнения в помещении:

$$C(t) = C_{\phi} \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{в}}} \left(1 - e^{-\frac{Q_{\text{в}}}{V}t}\right) \quad (6)$$

А при абсолютно чистом приточном воздухе, $C_{\phi} = 0$:

$$C(t) = C_0 \cdot e^{-\frac{Q_{\text{пр}}}{V}t} \quad (7)$$

Графической иллюстрацией изложенного служит рис. 3.

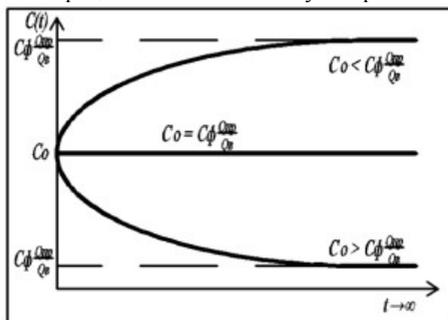


Рис. 3. Качественное изменение концентрации загрязнителя со временем.

При отсутствии в помещении постоянно действующего источника загрязнения, концентрации загрязнителя со временем выравниваются.

1. Если $C_0 > C_{\phi} \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{в}}}$, то следовательно концентрация в помещении со временем убывает до предельного значения $C_{\phi} \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{в}}}$.
2. Если $C_0 < C_{\phi} \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{в}}}$, то концентрация в помещении со временем возрастает до предельного значения $C_{\phi} \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{в}}}$.
3. Если $C_0 = C_{\phi} \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{в}}}$, то концентрация в помещении со временем не меняется.

Выводы:

Таким образом, проанализировано два возможных случая взаимосвязи показателей качества атмосферного воздуха и воздуха внутри помещений.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что наиболее значимыми параметрами, которые оказывают влияние на показатели качества, являются загрязнение воздуха и соотношение степени очистки и соответствующих затрат на очистку воздуха.

Список использованных источников

1. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» зі змінами внесеними згідно Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012, ВВР, 2012.
2. Научно-практические аспекты охраны воздушной среды. Учебное пособие. Л.Г. Чесанов, А.И. Кораблёва, И.Л. Ветвицкий, С.З. Полищук, В.Л. Чесанов и др. Днепропетровск, 2008. – 324с.
3. Качество воздушной среды при эксплуатации систем отопления и вентиляции. Учебное пособие. Под общей редакцией проф. Полищука С.З. Днепропетровск, 2009. – 264с.