

УДК 504.05

Снижение уровня шума центробежных и осевых вентиляторов

Шмандий В.М., Котенко Е.О.

В статье рассмотрены проблемы снижения аэродинамического шума центробежных и осевых вентиляторов, которыми оснащены практически все предприятия. Рассмотрены применяемые ныне способы глушения шума вентиляторов, показана необходимость создания малогабаритных и высокоэффективных глушителей шума комбинированного типа. Такие глушители особенно необходимы в случае отсутствия у предприятия санитарно-защитной зоны. Рассмотрены конструкции двух типов глушителей шума, на которые получены патенты Украины и которые прошли проверку на протяжении пяти лет. Рассмотрены вопросы защиты от аэродинамического шума осевых вентиляторов, обращено внимание на трудность решения этого вопроса из-за невозможности установки на таких вентиляторах применяемых типов глушителей. Дано описание разработанного нового шумозащитного экрана с использованием метода флюгирования. Экран не воспринимает ветровую нагрузку, сохраняет шумозащитные свойства при слабом ветре, не требует мощного крепления. Экран установлен на крыше здания предприятия и показал свою эффективность. Конструкция защищена патентом Украины.

Ключевые слова: уровень шума, глушитель, вентилятор.

Noise reduction of centrifugal and axial fans

Shmandiy V.M., Kotenko E.O.

The paper considers the problem of reducing the aerodynamic noise of centrifugal and axial fans, which are equipped with almost all businesses. We consider now the ways to apply sound attenuation fans, shows the need for a compact and highly efficient silencer combined type. These silencers are especially needed in the absence of an enterprise of the sanitary protection zone. The design of the two types of silencers, which are patented in Ukraine and that have been tested for five years. The problems of protection from aerodynamic noise axial fans, drawn attention to the difficulty in solving this problem because you cannot install on these types of fans used silencers. A description of the newly developed soundproofing screen using the feathering. The screen does not take the wind load, keeps noise control properties in low wind, does not require a strong attachment. The screen is mounted on the roof of a building company and has shown its effectiveness.

Keywords: noise level, silencer, fan.

Введение

Современные города сконцентрировали на своих территориях абсолютное большинство промышленных предприятий, транспортных средств, средств связи, что создает значительные экологические проблемы. Эти проблемы имеют тенденцию к обострению, учитывая высокие темпы урбанизации, использование нового, все более мощного промышленного оборудования и технологических процессов, увеличение количества автомобилей. Рядом с химическими веществами значительный вклад в загрязнение окружающей

природной среды вносят источники загрязнения физическими полями (радиационным, шумовым, вибрационным, электромагнитным), из которых наиболее распространенным является шум. Пагубное действие шума на человеческий организм разнообразно и до конца еще не изучено. Интенсивный шум приводит к потере слуха, что может выражаться в снижении порога слуховой чувствительности человека в диапазоне речевых частот (500-2000 Гц) и достигать соответственно 10-30 дБ [1]. Например, в Нью-Йорке уровень шума постоянно превышает 85 дБ, по-

этому жители города начинают терять остроту слуха с 30 лет, тогда как люди, живущие в нормальных условиях, – с 70 [2].

Влияние шума на организм человека определяется не только его интенсивностью, но и частотой. Колебания низкой частоты (инфразвук) опасны тем, что вызывают резонансные колебания различных внутренних органов человека (сердце, печень и др.), собственная частота колебаний которых меньше 20 Гц. Источниками инфразвука являются двигатели автомобилей, компрессоры, вентиляторы. Многие нервные болезни городских жителей связывают именно с инфразвуком, который проникает в квартиры домов через стены и окна [3].

По современным представлениям шум поражает важнейшие системы человеческого организма: центральную и вегетативную нервную, эндокринную, сердечно-сосудистую, иммунную, вызывая или обостряя более 15 заболеваний (неврозы, гипертонию, гастриты, язву желудка и др.) [4, 5].

Если курение (по мнению медиков) сокращает человеческую жизнь на 6-8 лет, то по мнению австрийских ученых шум большого города сокращает человеческую жизнь на 8-12 лет [6].

Транспортный шум усиливает вредное действие выхлопных газов в 2,5-3 раза [7].

Шум в городе на 80-90 % создают транспортные средства. Однако, рост городов иногда приводит к тому, что промышленные предприятия, которые в момент строительства находились на окраине, оказываются окружены городскими кварталами, поэтому нередко основными источниками шума становятся источники предприятия. Вентиляционные системы относятся к тем источникам шума, которые имеют место практически на всех предприятиях.

В системах приточно-вытяжной вентиляции используют центробежные и осевые вентиляторы.

Центробежные вентиляторы по создаваемой ими разности полных давлений делятся на вентиляторы:

- низкого давления с разницей полных давлений до 100 кг/см^2 ;
- среднего давления с разницей полных давлений до 300 кг/см^2 ;
- высокого давления с разностью полных давлений до 1500 кг/см^2 .

Осевые вентиляторы применяются для подачи больших объемов воздуха (газов) при разнице полных давлений до 35 кг/см^2 .

Спектр шума центробежных вентиляторов сплошной, в котором фиксируются основная частота, связанная с частотой вращения вала, количеством лопаток и их обертонами.

Уровень шума, создаваемый вентилятором, зависит от линейной скорости его лопаток, поэтому она не должна превышать 15-20 м/с. Хотя уровень шума вентиляторов находится в пределах 80-90 дБ, т.е. относительно невысокий, в случае незначительных расстояний до жилой застройки, а также учитывая жесткие санитарные нормы по шуму (до 30 дБ в квартирах в ночное время) возникают проблемы снижения этих уровней в источнике возникновения. Для повышения уровня экологической безопасности возникает необходимость создания эффективного шумозащитного оборудования, поскольку вынос предприятий за пределы города требует огромных средств.

Для снижения уровня шума центробежных вентиляторов разработано значительное количество способов и технических средств. К ним относятся камерные, пластинчатые, резонансные глушители, шумозащитные краны.

Недостатком рассмотренных глушителей является их относительно большие размеры и вес, аэродинамическое сопротивление, недостаточная эффективность глушения. Расчеты показывают, что для снижения шума точечного источника с 85 до 30 дБ (ночной норматив) необходима санитарно-защитная зона

шириной более 500 м. В случае, когда жилой дом и вентилятор разделяет лишь улица шириной 40 м для обеспечения санитарных нормативов необходимо установить глушитель с эффективностью снижения уровня шума 20-25 дБ.

Задачей наших исследований было создание глушителя аэродинамического шума повышенной эффективности.

Результаты исследования

Анализ работы существующих типов глушителей шума центробежных вентиляторов, а также используемых в них принципов снижения уровня шума указывает на то, что эффективным может быть глушитель комбинированного типа, в котором используется несколько различных способов снижения шума. Каждый из известных способов снижения шума имеет свои преимущества и недостатки. Так, в глушителях активного типа воздушный поток пропускают через пористый материал, в котором за счет трения уменьшается энергия струи. В устройствах реактивного типа глушение шума осуществляется за счет резонансных явлений. Глушители активного типа эффективны на средних и высоких частотах, реактивные – на заданных конструкцией частотах, комбинированные – в широком диапазоне частот.

В разработанном нами комбинированном глушителе центробежных вентиляторов использованы такие способы снижения шума:

- снижение скорости воздушного потока;
- футеровка глушителя звукопоглощающим материалом;
- пропускание воздушного потока через слой дисперсных частиц;
- поворот воздушного потока на 180°.

На рис. 1 изображены три схемы глушителя аэродинамического шума центробежных вентиляторов.

Из рисунка 1 видно, что глушитель представляет собой квадратный ящик 1, изготовленный из дерева и футерованный изнутри звукопоглощающим материалом 2. Дерево может быть пропитано соответствующим составом для повышения огнестойкости и влагоустойчивости. В случае использования глушителя при высокой температуре он может быть изготовлен из металла с использованием в качестве звукопоглощающего материала минеральной ваты и стекловолокна. При обычных температурах дерево имеет преимущество перед металлом потому, что не подвержено изгибным колебаниям. Воздух в глушитель поступает из выхода вентилятора 3 через диффузор 4. Первый вариант глушителя (рис. 1,а) был доработан с целью исключения возникновения ударных волн. Для

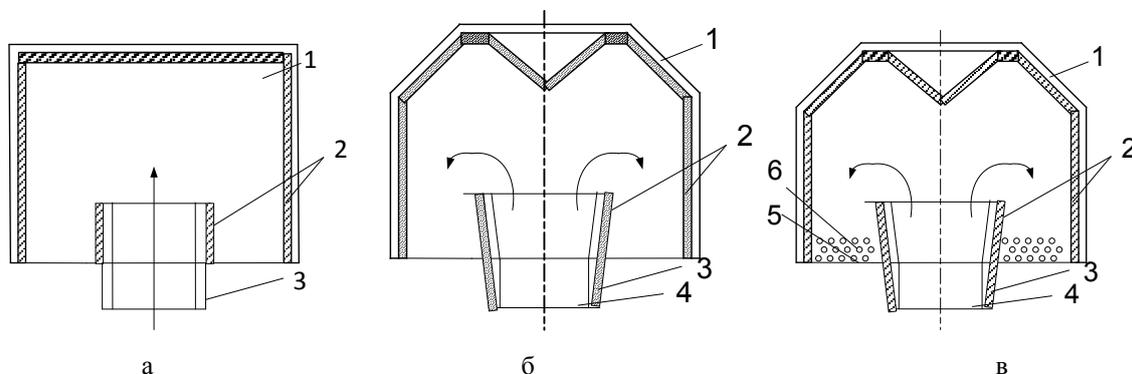


Рис. 1. Глушитель аэродинамического шума центробежных вентиляторов

- а) первоначальный вариант глушителя;
 б) глушитель улучшенной аэродинамической формы;
 в) глушитель с пористым мелкодисперсным наполнителем.

этого к верхней части глушителя крепится обтекатель в виде четырехгранной пирамиды. Глушитель, выполненный по схеме 2б снижает уровень шума на 15-17 дБ. В третьем варианте (рис. 1б) для повышения эффективности глушителя на выходе из него установлена сетка 5, покрытая слоем мелкодисперсного звукопоглощающего инертного материала 6 с размером частиц 5-7 мм. Эффективность работы звукового фильтра с такой засыпкой зависит от толщины слоя. При толщине слоя 100-120 мм снижения уровня шума может достигать 10 дБ. Использование такой конструкции (при дополнительной звукоизоляции корпуса) позволяет полностью устранить прямой звук и общая эффективность снижения уровня шума может превышать 25 дБ, т.к. звуковые волны гасятся в замкнутом пространстве.

На конструкции глушителя (рис. 1 б, в) получены патенты Украины №32977 и №42432. Пять таких глушителей установлены на центробежных вентиляторах ЗАО “Кременчугская кондитерская фабрика” (ЗАО “ККФ”) и за 5 лет эксплуатации показали хорошие результаты.

Снижению уровня шума осевых вентиляторов посвящено ряд исследований, например работы [8-10]. Эта проблема еще более сложная, ибо уровень шума осевых вентиляторов значительно выше, чем центробежных из-за большой линейной скорости движения лопаток воздушного винта. Шум осевых вентиляторов также широкополосный и имеет механическую и аэродинамическую составляющие. Механическую составляющую шума создают подшипники, дебалансные массы, электродвигатель. Аэродинамическая составляющая шума формируется винтом, создающим вихревой шум и шум вращения. У осевых

вентиляторов приоритетным является вихревой шум, возникающий из-за срыва вихрей при обтекании лопастей винта.

Снижение шума осевых вентиляторов представляет сложную задачу, поскольку они создают незначительную разность звуковых давлений – всего 35 кг/м^2 . Это существенно усложняет возможность использования глушителей из-за потери давления в самом глушителе. Все способы снижения шума обычно сводятся к усовершенствованию конструкции лопастей, применение выпрямителя струи. Единственным способом шумоподавления, не создающим сопротивление воздушной струе, является применение экрана. Звуконепроницаемые экраны отражают, поглощают, рассеивают падающие на них звуковые волны, но из-за дифракции часть волн огибают экран. Это относится в первую очередь к инфразвуку и волнам с большой длиной волны. Эффективность экрана будет тем больше, чем больше разность пути волн, огибающих экран, и наиболее короткого расстояния от источника шума до исследуемой точки (рис. 2) [11]. На рисунке 2 звуковые волны от источника звука 1 доходят до расчетной точки РТ, огибая экран 2.

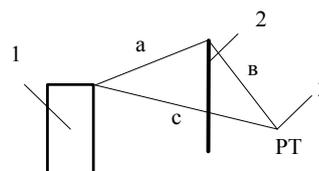


Рис. 2. Схема размещения экрана (вид сбоку).

Эффективность работы экрана в зависимости от разности хода звуковых лучей ($d = a + b - c$) показана в таблице 1 [11].

Эффективность экрана растет с увеличением его площади. Однако, если экран устанавливается на крыше здания, то, имея большую

Таблица 1

Зависимость снижения уровня звука от разности хода звуковых лучей

Разность хода звуковых лучей, d(м)	0	0,01	0,04	0,1	0,2	0,36	1,0	2,4	6,0
Снижение уровня звука экраном, дБ	5	7	9	11	13	15	19	22	24

парусность, он подвергается воздействию значительной ветровой нагрузки. Кроме этого возникают проблемы крепления экрана. Системы крепления, используемые в настоящее время, исключают применение стальных тросов и ориентированы на применение контргрузов, масса которых может превышать 1000 кг, что ведет к перегрузке перекрытий здания. Сила давления ветра F на поверхность определяется по формуле [12]:

$$F = K \cdot S \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \quad (1)$$

где K – аэродинамический коэффициент;

S – площадь поверхности, м^2 ;

ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

v – скорость ветра, $\text{м}/\text{с}$.

В случае бури рекомендуется принимать в качестве расчетной скорость ветра, равную 60 $\text{м}/\text{с}$. Используя формулу (1) для этой скорости находим, что сила давления ветра на 1 м^2 экрана превышает 2300Н, а для экрана площадью 10 м^2 – 23000Н. Для уменьшения опасности разрушения экрана нами предложен метод флюгирования. При этом экран изготавливается из ряда параллельных пластин, укрепленных на осях и способных занимать горизонтальное положение при сильном ветре. Для сохранения звукозащитных свойств экрана при средних скоростях ветра экран выполнен двухрядным. Схема конструкции экрана показана на рис. 3.

Экран состоит из пластин 2, закреплённых на осях 1. На рисунке 3,а показано положение пластин при отсутствии ветра, а на рисунке 3,б – положение пластин при действии на них ветровой нагрузки.

Пластины экрана могут быть изготовлены из металлов, а их угол отклонения рассчитан из условия равновесия действующих на них моментов сил (тяжести и силы давления ветра).

Конструкция экрана защищена патентом Украины №36400 и, будучи установленной на крыше цеха ЗАО “ККФ” позволила уменьшить уровень шума блока трех осевых вентиляторов на 16-17 дБ.

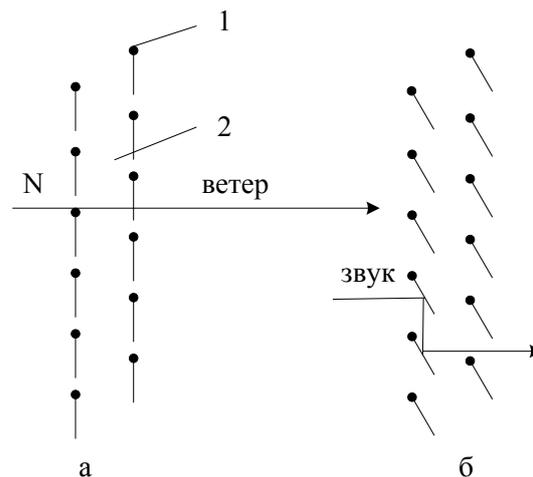


Рис. 3. Шумозащитный экран с отклоняющимися пластинами.

Выводы

1. Разработаны и предложены промышленности две новые конструкции глушителей аэродинамического шума центробежных вентиляторов, позволяющих повысить уровень экологической безопасности предприятий.

2. С использованием метода флюгирования разработан новый шумозащитный экран, не воспринимающий разрушительную ветровую нагрузку.

3. Разработанные конструкции глушителей и экрана прошли проверку на протяжении 5 лет в системе защиты от производственного шума, показали свою эффективность и могут быть рекомендованы для внедрения.

Литература

1. Борьба с шумом на производстве. Справочник / под общей редакцией Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1985. – 393 с.
2. Зарубин Г.П., Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и здоровье. – М.: Знание, 1972. – 210 с.
3. Раднева Р.С. и др. Исследование инфразвука в среде обитания жилых домов // Сборник докладов научно-практической конференции УНГЦ МОЗ Украины. – Киев. 1999, вып. 2. – 112 с.
4. Шандала М.Г., Звиняцковский Я.И. Окружающая среда и здоровье населения. – Киев: Здоровье, 1988. – 152 с.

5. *Медведь Р. А., Соловьев Р.В.* Производственный шум и борьба с ним. – Горький. 1977. – 340 с.
6. *Кучерявый В. П.* Урбоэкология. Т. 1. – Львов: Мир, 1999. – 359 с.
7. *Штеренгарц Г.Я.* // Гигиена труда и профзаболевания, 1984, № 5. – С. 40–42.
8. *Дідковський В.С., Акименко В.Я., Запорожець О.І., Савін В.Т., Токарев В.І.* Основы акустичної екології. – Кіровоград: Поліграфічний видавничий центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2001. – 520 с.
9. *Хорошев Г.А., Петров Ю.И., Егоров Н.Ф.* Борьба с шумом вентиляторов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 143 с.
10. *Мунин А.Г., Кузнецов В.М., Леонтьев Е.Е.* Аэродинамические источники шума. – М.: Машиностроение, 1981. – 248 с.
11. *Факторович А.Л., Постников Г.И.* Защита городов от транспортного шума. – К.: Будівельник, 1982. – 140 с.
12. *Драгоманов Б.Х., Волинський А.А., Міщенко А.В., Письменний Е.М.* Теплотехніка. – К.: «Інкос», 2005. – 504 с.
3. *Radnevo R.S.* The study of infrasound in the habitat houses // Proceedings of the scientific-practical conference UNGZ MSU. – Kiev: 1999, № 2. – 112 p.
4. *Shandala M.G., Zvinyatskovskaya J.I.* Environment and public health. – Kiev: Health, 1988. – 152 p.
5. *Medved R.A., Soloviev R.V.* Production noise and the fight against it. – Gorkiy, 1977. – 340 p.
6. *Kucheryavy V.P.* Urboekologiya. Vol. 1. – Lviv: Mir, 1999. – 359 p.
7. *Shterengarts G.Y.* On the combined action of transport gases and noise // Hygiene and Occupational Diseases, 1984, № 5. – P. 40-42.
8. *Didkovskiy V.S., Akimenko V.Y., Zaporozhets O.I., Savin V.T., Tokarev V.I.* Fundamentals of Acoustic Ecology. – Kirovograd: Printing Publishing Center Ltd. "Imex Ltd", 2001. – 520 p.
9. *Khoroshev G.A., Petrov Y.I., Egorov N.F.* Anti-noise fans. – Moscow: Energoizdat, 1981. – 143 p.
10. *Munin A.G., Kuznetsov V.M., Leontiev E.E.* Aerodynamic noise sources. – Moscow: Mashinostroyeniye, 1981. – 248 p.
11. *Faktorovich A.L., Postnikov G.I.* Protection of cities from traffic noise. – Kiev: Budivel'nik, 1982. – 140 p.
12. *Drahomanov B.H., Volinskiy A.A., Mischenko A.V., Pismenniy E.M.* Teplo tehnika. – Kiev: «Inkos», 2005. – 504 p.

References

Статья поступила в редакцию 6 июня 2013 г.

Шмандий Владимир Михайлович – доктор технических наук, профессор Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского, г. Кременчуг, Украина. E-mail: ecol@kdu.edu.ua

Котенко Елена Олеговна – соискатель кафедры «Экологическая безопасность и организация природопользования» Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского, г. Кременчуг, Украина. E-mail: kotic7home@ukr.net

Shmandiy Vladimir Mikhaylovich – Professor, Kremenchug National University of Mikhail Ostrogradskiy, Kremenchug, Ukraine. E-mail: ecol@kdu.edu.ua

Kotenko Elena Olegovna – Aspirant, Kremenchug National University of Mikhail Ostrogradskiy, Kremenchug, Ukraine. E-mail: kotic7home@ukr.net