

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОБСЛЕДОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ И ДЫМОВЫХ КАНАЛОВ В ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Е. М. СИЛЕНКО¹, С. Е. СИЛЕНКО¹, А. С. БОДНЯ¹, В. Е. СИЛЕНКО²

¹Донецкий национальный университет, 83001, Донецк, Украина
E-mail: turbdon@mail.ru

²Государственный гуманитарно-технологический университет,
142611, Орехово-Зуево, Московская обл., Россия

Предложен метод измерения расхода воздуха в вентиляционных каналах и разрежения в дымовых каналах газифицированных жилых и производственных помещений. Метод основан на связи этих параметров с локальной скоростью потока в центре измерительного канала круглого сечения, выполненного в форме сопла. Приведены описание и схема разработанного портативного многофункционального прибора, позволяющего контролировать три параметра: расход воздуха через вентиляционный канал, разрежение в дымовом канале и направление потока. Приведена схема градуировочной установки для определения метрологических характеристик прибора по расходу и разрежению.

Ключевые слова: вентиляционный и дымовой каналы, скорость воздуха, расход воздуха, разрежение, метод измерения, термоанемометр, прибор

Неудовлетворительное техническое состояние вентиляционных и дымовых каналов — основная причина аварий, влекущих за собой разрушения жилых и производственных зданий, а зачастую и гибель людей. Значительно уменьшить количество аварий можно лишь при постоянном контроле газового хозяйства, а именно при инструментальном, как первичном, так и периодическом, обследовании состояния вентиляционных и дымовых каналов на соответствие государственным нормативным актам, строительным нормам и правилам*.

Существующими нормами предусмотрены определенный воздухообмен в жилых помещениях и достаточное разрежение в дымоходе, однако измерение этих параметров невозможно из-за отсутствия специализированных приборов. В этой связи разработка метода измерения и прибора для его реализации является актуальной задачей.

Концепция разработки прибора основана на измерении локальной скорости потока, связанной с расходом воздуха в вентиляционных каналах и разрежением в дымовых каналах. Оба вида измерения (расход и разрежение) осуществляются с использованием одного измерителя скорости потока. Необходимо отметить, что измерение разрежения в существующих системах дымоудаления в жилых помещениях, вследствие его малого значения (2 Па), другим

* ПБ 12-368-00. Правила безопасности в газовом хозяйстве.
НПАОП 0.00.-1.76-15. Правила безопасности систем газоснабжения.
СНиП 31-01-2003. Здания жилые многоквартирные.
СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

методом довольно затруднительно и требует применения высокоточных микроанометров, которые используются в основном только в лабораторных условиях.

Скорость потока воздуха как в вентиляционных, так и в дымовых каналах невелика (0,1—2 м/с), поэтому для ее измерения используется термоанемометр постоянной температуры [1, 2]. Принцип работы этого прибора основан на зависимости конвективного теплообмена с окружающей средой чувствительного элемента датчика (нагретой нити) от скорости ее обдува. Такой измеритель имеет высокую чувствительность и точность именно на малых скоростях потока. Для исключения зависимости выходного напряжения термоанемометра от температуры окружающей среды он должен быть термокомпенсирован [3, 4]. На рис. 1 показан общий вид разработанного датчика скорости, где 1 — чувствительный элемент, 2 — термопара датчика направления потока (вторая расположена с другой стороны), 3 — резистор термокомпенсации, 4 — ограждение, 5 — штифт, 6 — прорезь, 7 — державка.

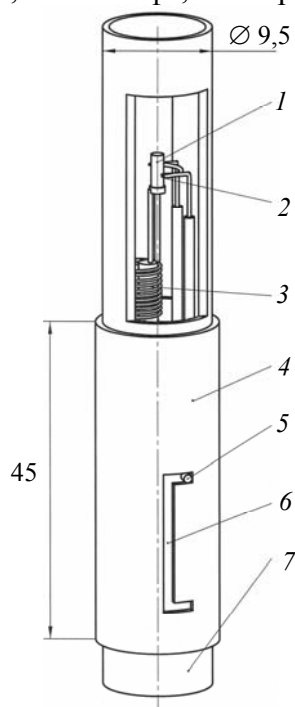


Рис. 1

В процессе эксплуатации газового оборудования в силу различных причин в дымовом канале может возникать обратная тяга, и, как результат, продукты горения попадают в жилое помещение. Такой эффект обусловлен отсутствием притока воздуха в помещение (вследствие герметически закрытых пластиковых окон и дверей) и включенной принудительной вентиляцией. Поэтому в процессе обследования состояния вентиляционных и дымовых каналов необходимо обязательно контролировать и направление потока воздуха.

Для определения направления потока воздуха на чувствительном элементе датчика скорости закреплены две термопары (см. рис. 1), которые регистрируют разность температур потока воздуха, нагреваемой нитью датчика скорости. Если температура на термопаре, обращенной к помещению, выше, значит, поток направлен в помещение и существует эффект обратной тяги.

Расход воздуха Q через систему вентиляции в помещении может быть определен путем измерения скорости потока V в центре канала с известным сечением S по формуле

$$Q = K_S V S,$$

где K_S — коэффициент расхода, определяемый при градуировке датчика.

Разрежение R в дымовых каналах можно определить по скорости V протекания создаваемого этим разрежением потока воздуха через небольшое калиброванное отверстие во избежание изменения расхода воздуха через систему дымоудаления:

$$R = K_R \rho(T, P) V^2 / 2,$$

где ρ — плотность воздуха, зависящая от температуры T и давления P ; K_R — градуировочный коэффициент, учитывающий отличие скорости, измеряемой датчиком, от средней скорости потока.

При разработке прибора измерение расхода осуществлялось путем установки на вентиляционную решетку измерительной воронки, узкая часть которой выполнена в виде сопла с датчиком скорости, расположенным в центре канала, имеющего минимальное сечение. Использование измерительной воронки способствует формированию однородного потока и позволяет избежать проведения большого количества замеров по сечению вентиляционного канала, что обеспечивает получение более точного результата измерения средней скорости потока и соответственно объемного расхода.

Разрежение в дымоходе при массовых обследованиях целесообразно измерять в очистном люке, которым оснащены все дымовые каналы газовых водонагревательных приборов. При этом измерение должно проводиться при работающем газовом приборе. Однако разрежение в этой области дымохода может отличаться от величины разрежения в сечении ввода дымоотводящей трубы в канал. В результате проведенных исследований распределения давления с использованием модели дымохода установлена связь между разрежением на входе в дымовой канал и разрежением на люке: экспериментально определено, что за разрежение в дымовом канале с большой степенью достоверности можно принимать разрежение, измеренное в сечении очистного люка.

Конструкция и общий вид прибора приведены на рис. 2, где 1 — уплотнитель, 2 — измерительная воронка, 3 — съемная заслонка с калиброванным отверстием, 4 — уплотнитель датчика, 5 — крышка электронного блока, 6 — электронный блок, 7 — метка положения крышки, 8 — датчик, 9 — ручка, 10 — магнитоуправляемый контакт, 11 — постоянный магнит, 12 — магнитные фиксаторы.

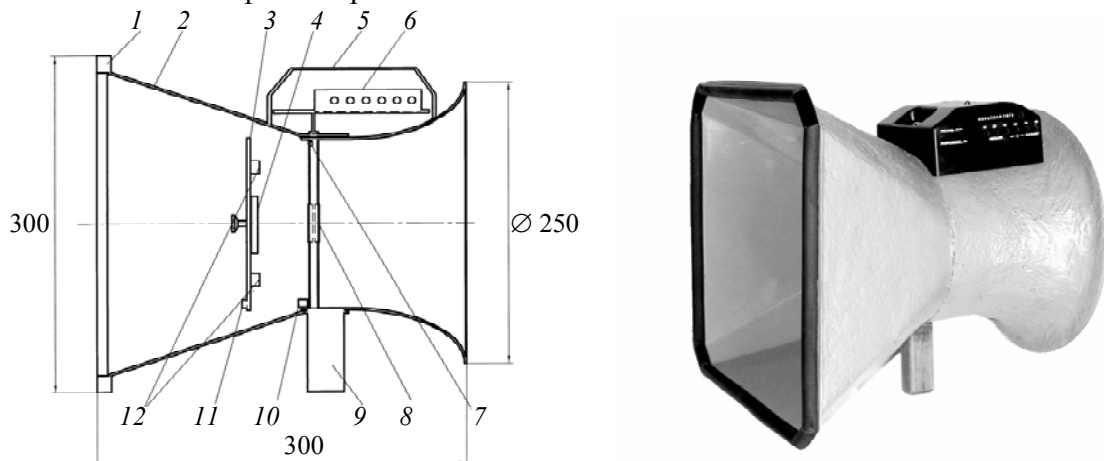


Рис. 2

Метрологическое обеспечение прибора по расходу и разрежению, включающее в себя как первичную аттестацию, так и периодическую поверку в процессе его эксплуатации, проводилось на установке, схема которой представлена на рис. 3, где 1 — измерительная камера, 2 — конфузор, 3 — труба, 4 — расходомерная диафрагма, 5 — вентилятор, 6 — прибор, 7 — датчик прибора, 8 — прижимной замок, 9 — микроманометр ММ02/10-2, 10 — микроманометр МКВ-250, 11 — байпас, 12 — вентиль.

При градуировке прибора по расходу он устанавливается на измерительную камеру 1 и крепится к ней с помощью прижимных замков 8. Вентилятор 5 создает поток воздуха, расход которого контролируется с помощью расходомерной диафрагмы 4 и микроманометра 10. При градуировке прибора по разрежению в измерительном канале прибора 6 устанавливается заслонка с калиброванным отверстием. При этом поток воздуха поступает только через калиброванное отверстие. Разрежение воздуха в измерительной камере измеряется микроманометром 9.

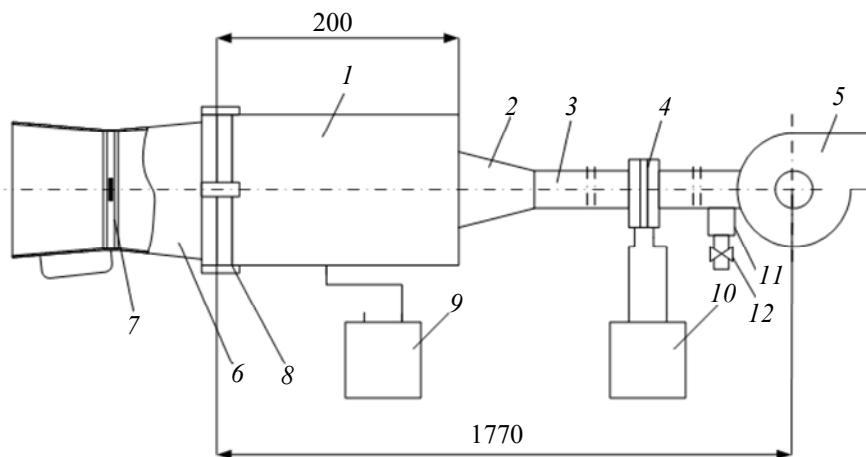


Рис. 3

Градуировочная установка аттестована как рабочий эталон. Метрологические характеристики прибора определяются по шести значениям расхода: 15, 30, 45, 60, 75, 90 м³/ч и разрежению 2 Па.

Такая схема установки позволяет при использовании достаточно простого оборудования обеспечить градуировку прибора в единицах контролируемых параметров [5].

Данная опытно-конструкторская разработка была выполнена авторским коллективом Специального конструкторско-технологического бюро (СКТБ) „Турбулентность“ Донецкого национального университета в соответствии с „Региональной программой по охране жизни и здоровья людей на производстве и в быту“ при непосредственном участии Донецкой государственной инспекции охраны труда в газовом и коммунальном хозяйстве и АО „Донецкгоргаз“.

По заказу АО „Донецкгоргаз“ было проведено выборочное обследование жилых зданий с целью контроля вентиляционных и дымовых каналов. Обследовались три типа зданий: старые здания (постройки до 1960-х гг.) пониженной этажности; панельные или кирпичные пятиэтажные здания (так называемые „хрущевки“); дома повышенной этажности последних серий. В общей сложности было обследовано семьдесят квартир на различных этажах.

По результатам обследования установлено, что средний расход воздуха в вентиляционных каналах составляет ориентировочно 20 м³/ч; с учетом дымового канала обеспечивается максимум двукратный воздухообмен, что не соответствует существующим нормам; в 20 % квартир расход воздуха не превышал 5 м³/ч. Среднее разрежение в дымовых каналах водонагревательных газовых колонок в обследованных квартирах составляет 2,6 Па (в сечении очистного люка), однако в 43 % квартир разрежение было ниже нормы.

В рамках данной статьи следует упомянуть зарубежные аналоги разработанного прибора. Так, французская фирма „KIMO Instruments“ выпускает совместно с измерителями скорости несколько типоразмеров воронок для измерений объемного расхода воздуха в системах вентиляции и кондиционирования. Стоимость одних только воронок, производимых этой фирмой (без измерителей скорости), больше, чем себестоимость разработанного прибора (включая затраты на изготовление измерительной воронки и метрологическую аттестацию прибора) при его мелкосерийном производстве, осуществляемом в течение ряда лет в СКТБ „Турбулентность“.

Таким образом, преимущество представленного метода измерения заключается в том, что на его основе создан многофункциональный портативный прибор, позволяющий контролировать сразу три параметра: объемный расход воздуха через вентиляционный канал в диапазоне 15—90 м³/ч, разрежение в дымоудаляющем канале не менее 2 Па и направление потока. Прибор прост в обращении, достаточно надежен и используется для оснащения эксплуатационных газовых служб и управляющих компаний жилищно-коммунальных хозяйств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измерения в промышленности: Справочное изд. Кн. 2. Способы измерения и аппаратура / Пер. с нем.; Под ред. П. Профоса. М.: Металлургия, 1990. 384 с.
2. Кузнецов Д. Н., Чупис Д. А., Руденко А. С. Исследование ниточного термоанемометра постоянной температуры при различных перегревах нити // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: „Обчислювальна техніка та автоматизація“. 2013. № 2 (25). С. 225—231.
3. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. Л.: Машиностроение, 1989. 701 с.
4. Miheev N. I., Molochnikov V. M., Kratirov D. V., Hayrnasov K. R., Zanko P. S. Hot-wire measurements with automatic compensation of ambient temperature change // Thermal Science. 2015. Vol. 19, N 2. P. 509—520.
5. Бодня А. С., Пригода Н. А., Чеплюков В. Г., Силенко Е. М. Особенности метрологической аттестации и методики выполнения измерений расхода воздуха в системах вентиляции с использованием прибора „АИСТ-5“ и измерительной воронки // Материалы науч. конф. проф.-препод. состава, научных сотрудников и аспирантов Донецкого национального университета по итогам научно-исследовательской работы за период 2009—2010 гг. / Под ред. П. В. Егорова, С. В. Беспаловой. Донецк: Цифровая типография, 2011. Т. 1 С. 147.

Сведения об авторах

- Евгений Михайлович Силенко** — канд. техн. наук; ДонНУ; ст. научный сотрудник;
E-mail: turbdon@mail.ru
- Сергей Евгеньевич Силенко** — ДонНУ; ведущий инженер-конструктор;
E-mail: silenko.sergey@yandex.ua
- Александр Степанович Бодня** — ДонНУ; ст. преподаватель; E-mail: bodnya.bas@gmail.com
- Виктория Евгеньевна Силенко** — канд. физ.-мат. наук; ГГТУ; ст. преподаватель;
E-mail: v.silenko@bk.ru

Поступила в редакцию
03.08.17 г.

Ссылка для цитирования: Силенко Е. М., Силенко С. Е., Бодня А. С., Силенко В. Е. Инструментальный метод обследования вентиляционных и дымовых каналов в газифицированных помещениях жилых и общественных зданий // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 1. С. 65—70.

**INSTRUMENTAL METHOD OF VENTILATION AND SMOKE CHANNELS SURVEY
IN GASIFICATED PREMISES OF RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS**

E. M. Silenko¹, S. E. Silenko¹, A. S. Bodnya¹, V. E. Silenko²

¹ Donets National University, 83001, Donetsk, Ukraine
E-mail: turbdon@mail.ru

² State University of Humanities and Technology,
142611, Orekhovo-Zuyevo, Moscow Region, Russia

A method is proposed for measuring air flow in ventilation and negative pressure in smoke channels. The method is based on the relationship of these parameters to the local flow velocity at the center of a measuring channel of the circular section, made in the form of a nozzle. A portable multipurpose device is developed to control the three parameters - the air flow through the ventilation duct, the depression in the smoke channel, and the direction of the flow. Description and a scheme of the device are presented, as well as the scheme of the calibration instrument for determining the metrological characteristics of the measuring device.

Keywords: ventilation and smoke channels, air velocity, air flow, underpressure, measuring method, thermos-anemometer, device

Data on authors

- Evgeny M. Silenko** — PhD; Donetsk National University; Senior Scientist;
E-mail: turbdon@mail.ru
- Sergey E. Silenko** — Donetsk National University; Leading Engineer-Designer;
E-mail: silenکو.sergey@yandex.ua
- Alexander S. Bodnya** — Donetsk National University; Senior Lecturer;
E-mail: bodnya.bas@gmail.com
- Viktoriya E. Silenko** — PhD; State University of Humanities and Technology; Senior Lecturer;
E-mail: v.silenko@bk.ru

For citation: Silenko E. M., Silenko S. E., Bodnya A. S., Silenko V. E. Instrumental method of ventilation and smoke channels survey in gasificated premises of residential and public buildings. *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 1. P. 65—70 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-1-65-70