

УДК 628.511

**С. М. ОРЛОВ, А. Я. ОРЛОВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИКЛОНОВ  
«ПРАВОГО» И «ЛЕВОГО» НАПРАВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЯ В СЕВЕРНОМ  
ПОЛУШАРИИ ЗЕМЛИ**

Проведен анализ процессов, протекающих в циклоне с таким природным явлением, как торнадо. Установлено, что многие процессы в циклоне и торнадо аналогичны. Имеется существенное различие в масштабах явления и в уровне электромагнитных процессов, протекающих в циклоне и торнадо. В нашей стране применяются циклоны как «правого», так и «левого» направления вращения газового потока, в то время как вихрь в торнадо в северном полушарии направлен против часовой стрелки. Рассмотрены существующие теории, описывающие образование и существование торнадо. Сделан вывод, что при помощи существующей теории сделать обоснование предпочтительности применения того или иного вида циклона в зависимости от полушария Земли затруднительно. Предложено установить предпочтительность применения того или иного вида циклона в зависимости от полушария Земли экспериментально.

**циклон, торнадо, давление, скорость**

Воздушные выбросы промышленных предприятий наносят вред окружающей природной среде, загрязняют атмосферу промышленных площадок и жилых районов, что влияет на здоровье людей, увеличивает потребность в проведении различного рода профилактических и медицинских мероприятий, приводит к дополнительным экономическим потерям.

Техника обеспыливания характеризуется большим разнообразием конструкций и форм исполнения обеспыливающего оборудования.

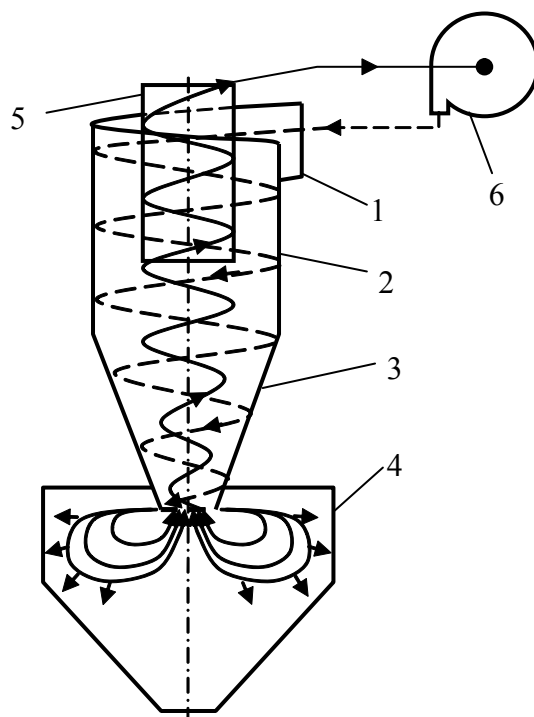
Циклоны являются наиболее характерными представителями сухих инерционных пылеуловителей, которые, как правило, имеют простую конструкцию, обладают большой пропускной способностью и несложны в эксплуатации. Ввиду этих преимуществ циклоны получили широкое распространение.

Общая схема циклона представлена на рис. 1 [1]. Запыленный воздух вводится тангенциально в верхнюю часть циклона, представляющую собой закручивающий аппарат. Сформировавшийся здесь вращающийся поток опускается по кольцевому пространству, образуемому цилиндрической частью циклона и выхлопной трубой, в его коническую часть, а затем, продолжая вращаться, выходит из циклона через выхлопную трубу. Непременное условие – это замкнутость потока (условно показано через вентилятор, который создает перепад давления).

Все циклоны могут выполняться как для «правого», так и для «левого» вращения газового потока. «Правым» принято называть вращение газового потока в циклоне по часовой стрелке, если смотреть со стороны выхлопной трубы; «левым» – вращение против часовой стрелки.

Наиболее важной характеристикой циклона является его производительность, т. е. объем воздуха, который очищается за один час (расход воздуха, измеряемый в м<sup>3</sup>/ч).

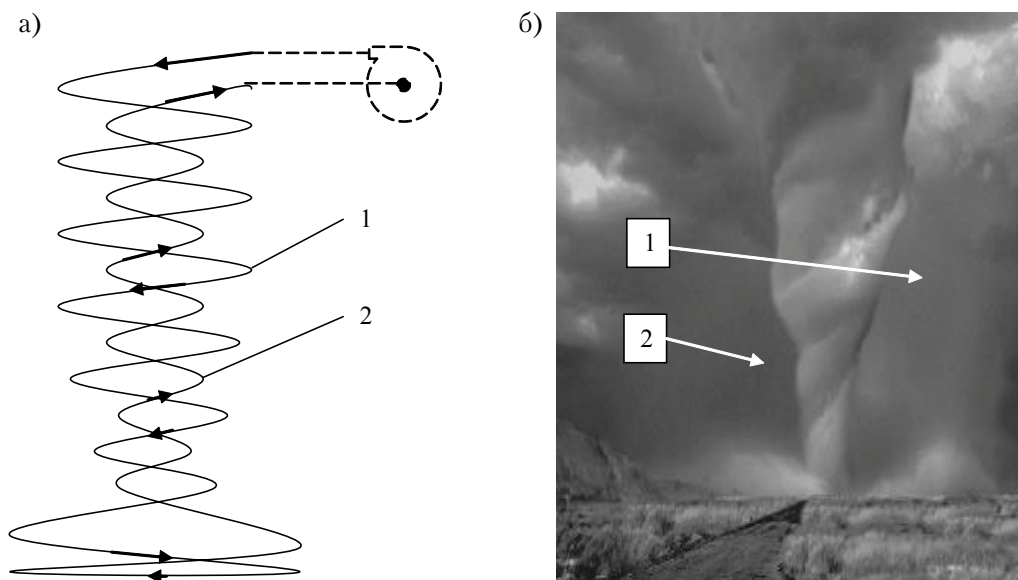
Циклоны обычно подразделяются на высокоэффективные и высокопроизводительные [2, 3]. Аппараты первого типа отличаются более высокой степенью очистки, но требуют больших затрат энергии на осуществление процесса очистки, вторые имеют небольшое гидравлическое сопротивление, т.е. требуют меньше затрат энергии на очистку, обеспечивают большую производительность, но более низкую степень очистки [4, 5]. В настоящее время имеется множество работ как теоретического,



**Рисунок 1** – Схема циклона: 1 – входной патрубок; 2 – цилиндрическая часть циклона; 3 – коническая часть циклона; 4 – пылесадительный бункер; 5 – выхлопная труба; 6 – вентилятор.

так экспериментального плана. На их основе разработано множество типов циклонов, однако точку ставить в этом вопросе достаточно рано.

Для того чтобы приступить к решению данной задачи, необходимо детально рассмотреть работу циклона и все процессы, протекающие в нем. Основываясь на рис. 1, изобразим винтовые линии тока при отсутствии стенок циклона (рис. 2а).

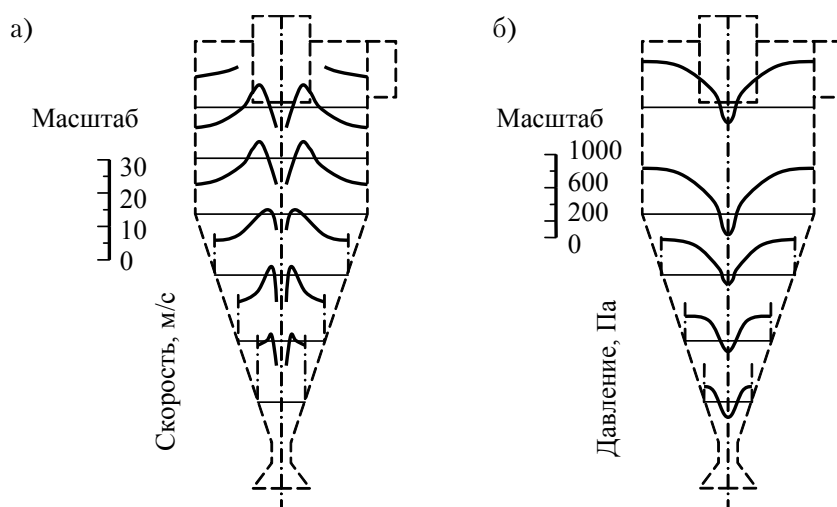


**Рисунок 2** – Винтовые линии тока при отсутствии стенок циклона (рисунок а) и нисходящие «1» и восходящие «2» винтовые линии тока торнадо (рисунок б).

В природе существуют явления, где воздух в силу различных причин естественно закручивается в восходящие и нисходящие винтовые спирали (смерчи, торнадо и др.) (рис. 2б). Различие между смерчем и торнадо заключается лишь в том, что смерчи возникают над водной поверхностью, а торнадо – над сушей.

Поскольку циклон производит очистку воздуха от пыли, то в дальнейшем будем использовать определение этому природному явлению «торнадо». Как видно из приведенного рисунка, процессы, протекающие в циклоне и в торнадо, внешне схожи. Как в циклоне, так и в торнадо имеется ядро вихря, которое вращается по законам твердого тела с постоянной угловой скоростью. Разрежение в центре восходящего ядра наибольшее, что позволяет торнадо поднимать на большую высоту достаточно тяжелые предметы (машины, дома и др.), в циклоне по этой же причине наблюдается проскок достаточно больших частиц пыли.

На рис. 3 представлено изменение статического давления и тангенциальных составляющих скоростей, замеренное Тер-Линденом в нескольких поперечных сечениях циклона [6].



**Рисунок 3** – Изменение тангенциальных составляющих скоростей (а) и статического давления (б) в поперечных сечениях циклона.

Аналогичную картину для тангенциальных скоростей и распределения давления можно наблюдать и в торнадо. Разница состоит только в масштабах: тангенциальная скорость в циклонах редко превышает 20 м/с, а тангенциальная скорость в торнадо может достигать сверхзвуковых скоростей; аналогично и для давлений, в циклоне перепад давления редко превышает 2 000 Па, в торнадо эта величина может достигать десятых долей атмосфер.

Следует отметить, что торнадо в северном полушарии закручивается против часовой стрелки, а в южном полушарии по часовой стрелке. На экваторе никогда не бывает торнадо. Как было отмечено ранее, в промышленности применяются циклоны как для «правого», так и для «левого» вращения газового потока. Следовательно, поскольку процессы, происходящие в циклоне и торнадо схожи, то необходимо на вопрос целесообразности применения в северном полушарии циклонов «правого» или «левого» вращения газового потока обратить внимание.

Существует множество теорий возникновения и существования торнадо.

**Теория Кориолисовой силы и конвекционных потоков воздуха** [7]. Сущность этого явления заключается в следующем.

Законы Ньютона в их первоначальном виде справедливы для инерционных систем отсчета – систем, движущихся равномерно и прямолинейно. Однако, находясь на Земле, нам удобно связать систему отсчета с ее поверхностью. Это и есть система географических координат. Она не является инерционной, поскольку Земля вращается. Можно переписать второй закон Ньютона так, чтобы он был справедлив во вращающейся системе отсчета. Но при этом в правую часть его нужно добавить силу. Называется она силой Кориолиса.

Сила Кориолиса перпендикулярна скорости материальной точки и пропорциональна скорости. Кроме того, сила Кориолиса зависит от широты места как  $\sin \varphi$ . Общее выражение для нее таково:

$$F_{\text{Кор}} = 2m\omega_{\oplus}v\sin\varphi;$$

где  $m$  – масса тела (воздуха);  
 $\omega_{\oplus}$  – угловая скорость Земли;  
 $v$  – скорость воздуха.

Таким образом, в северном полушарии  $\sin\varphi > 0$ , на экваторе  $\sin\varphi = 0$ , а в южном полушарии  $\sin\varphi < 0$ . Следовательно, в северном полушарии сила Кориолиса направлена против часовой стрелки, в южном полушарии сила Кориолиса направлена по часовой стрелке, а на экваторе сила Кориолиса равна нулю.

**Электромагнитная теория торнадо** [8]. Предложен плазменно-капельный механизм образования смерча – интенсивного атмосферного вихря, вращающегося под грозовым облаком. Смерч рассматривается как контролируемый прилипанием газовый разряд, создаваемый в атмосфере сильным облачным зарядом в присутствии геомагнитного поля. Построена общая теория атмосферно-облачного разряда.

**Плазменная теория смерча** [9]. В работе предложен механизм образования и построена плазменная теория смерча. Смерч рассматривается как стационарный газовый разряд, который создается капельным облачным зарядом. Найдены электрические поля, токи, электромагнитные силы, поля скоростей.

**Электромагнитогидродинамическая теория смерча (ЭМГД)** [10]. В этой теории показано, что одной из причин возникновения торнадо может служить взаимодействие электрических и магнитных полей с электрически заряженной средой материнского облака. В пользу такого подхода говорят многочисленные наблюдения, которые свидетельствуют о протекании интенсивных электрических процессов в воронке торнадо и вблизи неё.

Измерения электрических параметров атмосферы и различные природные явления, например «сухие грозы» и грозы во время снегопадов, свидетельствуют о протекании активных электрических процессов в самых различных условиях, при различных состояниях атмосферной влаги. С учетом этого одним из подтверждений участия электромагнитных сил в образовании торнадо могло бы служить возникновение воронки в отсутствии материнского облака. И такие факты существуют. Так, приводятся описания случая возникновения воронки над морем при ясной погоде. При этом материнское грозовое облако сформировалось сразу после образования смерча.

**Интегральная электромагнитогидродинамическая и термическая теория (ИЭМГДТ)** [11].

Авторами были проведены ряд экспериментов на основе помещения модели Земли в сосуд с электропроводной жидкостью (рис. 4) [11]. Проведенные эксперименты имеют много аналогий с Землей.

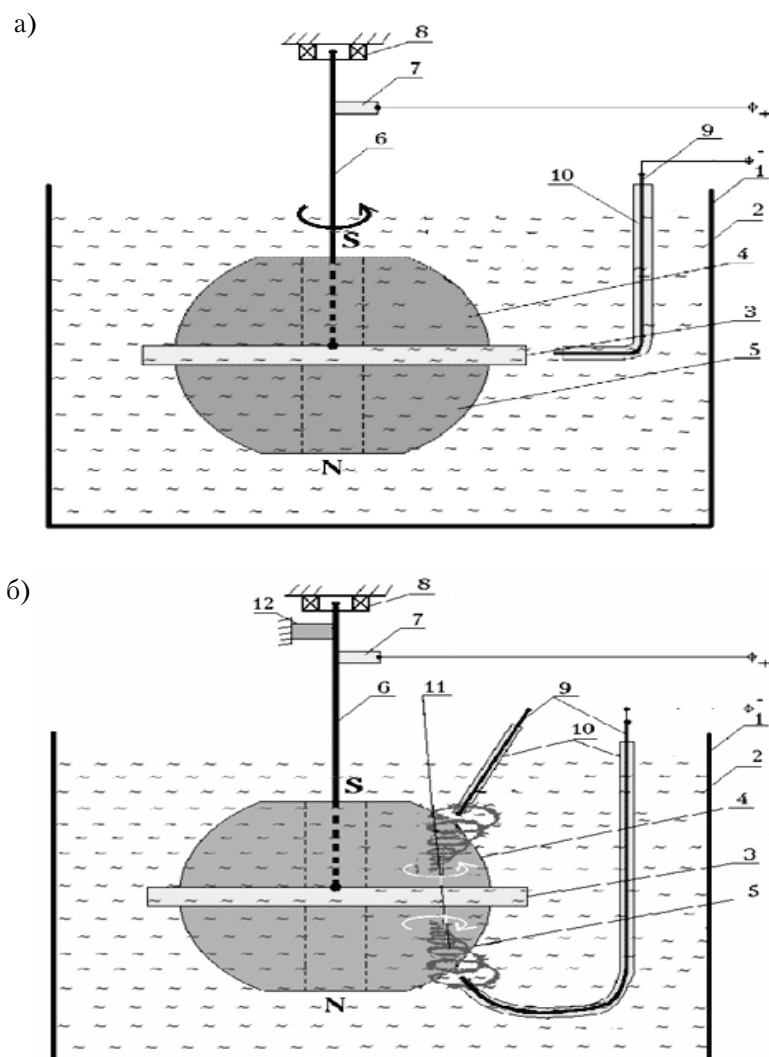
Как известно, в экваториальной зоне Земли никогда не бывает тайфунов, смерчей и циклонов (рис. 4а). Ветры в циклонах в северном полушарии дуют против часовой стрелки, а в циклонах в южном полушарии дуют по часовой стрелке (рис. 4б). В этом проявляется полное совпадение с проведенными экспериментами. Направления ветров в циклонах против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном полушарии традиционно объяснялось влиянием отклоняющей силы Кориолиса, возникающей при вращении Земли [11]. Отсутствием силы Кориолиса на экваторе соответственно традиционно объяснялось отсутствие циклонов в зоне экватора.

Авторы считают, что в механизме образования циклонов, торнадо, смерчей основной вклад вносит не сила Кориолиса и конвекционные потоки воздуха, а электрические токи в атмосфере и магнитное поле Земли. Сила Кориолиса также проявляется, но она не является единственной и основной. Однако силу Кориолиса традиционно считали единственной, в то время как она лишь маскирует тот физический эффект, который играет основную роль. Эти два фактора действуют совместно.

Анализируя приведенное теоретическое обоснование развития и существования торнадо, а также существующую теорию расчета эффективности циклонов, в которой вообще нет упоминания о направлении вращения газового потока, приходим к выводу, что вопрос предпочтительности применения в северном полушарии циклонов «левого» или «правого» направления вращения газового потока нужно выяснить экспериментально.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что процессы, протекающие в циклонах и торнадо, во многом схожи, основное различие состоит только в масштабах явления.



**Рисунок 4** – Схема эксперимента моделирующего отсутствия локальных вихрей в экваториальной зоне (а) и образования локальных вихрей в северном и южном полушариях (б): 1 – сосуд; 2 – вода; 3 – диск (медь); 4, 5 – магнит кольцевой; 6 – ось (медь); 7 – электрод (+); 8 – подшипник; 9 – электрод (-); 10 – изолятор; 11 – вихрь; 12 – тормозное устройство.

2. Показано, что в северном полушарии применяются циклоны как «левого», так и «правого» направления вращения газового потока, в то время как в природе в северном полушарии воздушные потоки естественно закручиваются против часовой стрелки (торнадо, смерчи, тайфуны и др.).

3. Установлено, что вопрос предпочтительности применения в северном полушарии циклонов «левого» или «правого» направления вращения газового потока нужно выяснить экспериментально.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пылеулавливание в металлургии [Текст] / Под ред. А. А. Гурвица. – М.: Металлургия, 1984. – 336 с.
2. Дьяков, В. В. Теоретические и экспериментальные исследования течения газа в циклоне [Текст] / В. В. Дьяков, В. К. Рожнева, А. М. Платонов // Горный журнал. – 1981. – № 3. – С. 41–46.
3. Ичев, Б. Р. Математическое моделирование процесса пылеуноса в центробежном циклоне [Текст] / Б. Р. Ичев, Ю. Б. Ичева // Качество. Инновации. Наука. Образование: матер. междунар. науч.-техн. конф. Кн. 1 / СибАДИ. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2005. – С. 220–223.
4. Шиляев, М. И. Методы расчета и принципы компоновки пылеулавливающего оборудования [Текст] / М. И. Шиляев, А. П. Дорохов. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 1999. – 209 с.

5. Шиляев, А. М. Пылеулавливающие характеристики каскадных систем на основе прямооточных циклонов [Текст] / А. М. Шиляев, В. С. Рекунов // 4 Международ. шк.-семинар, Санкт-Петербург, 28 июня – 03 июля, 2004 : Сб. материалов : В 2 т. Т. 2. / Российская академия наук. – СПб. : [б. и.], 2004. – С. 200–203.
6. Пирумов, А. И. Обеспыливание воздуха [Текст] / А. И. Пирумов. – М. : Стройиздат, 1981. – 296 с.
7. Бялко, А. В. Наша планета – Земля [Текст] / А. В. Бялко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1989. – 240 с. – (Библиотечка «Квант»).
8. Боев, А. Г. Электромагнитная теория смерча. I ч. Электродинамика вихря [Текст] / А. Г. Боев // Радиофизика и радиоастрономия. – 2009 – Т. 14, № 2. – С. 121–149.
9. Боев, А. Г. Плазменная теория смерча [Текст] / А. Г. Боев // Вопросы атомной науки и техники. – 2008. – № 4 : Плазменная электроника и новые методы ускорения. – С. 133–138.
10. Меркулов, В. И. Электрогравитационная модель НЛО, торнадо и тропического урагана [Текст] / В. И. Меркулов. – Новосибирск : издательство Института математики, 1998. – 287 с.
11. Скорер Р. Аэрогидродинамика окружающей среды / Р. Скорер. – М. : Мир, 1980. – 552 с.

Получено 08.09.2014

С. М. ОРЛОВ, А. Я. ОРЛОВА

### ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИКЛОНІВ «ПРАВОГО» І «ЛІВОГО» НАПРЯМУ ОБЕРТАННЯ В ПІВНІЧНІЙ ПІВКУЛІ ЗЕМЛІ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Проведено аналіз процесів, що протікають в циклоні з таким природним явищем, як торнадо. Встановлено, що багато процесів в циклоні і торнадо аналогічні. Є істотне розходження в масштабах явища і в рівні електромагнітних процесів, що протікають в циклоні і торнадо. У нашій країні застосовуються циклони «правого» і «лівого» напрямку обертання газового потоку, на той час як вихор в торнадо в північній півкулі спрямований проти годинникової стрілки. Розглянуто існуючі теорії, що описують утворення та існування торнадо. Зроблено висновок, що за допомогою існуючої теорії зробити обґрунтування переваги застосування того чи іншого виду циклону залежно від півкулі Землі важко. Запропоновано встановити перевагу застосування того чи іншого виду циклону залежно від півкулі Землі експериментально.

**циклон, торнадо, тиск, швидкість**

STANISLAV ORLOV, ALLA ORLOVA

### STUDY THE FEASIBILITY OF USING CYCLONES «RIGHT» AND «LEFT» DIRECTION OF ROTATION IN THE NORTHERN HEMISPHERE OF THE EARTH

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The analysis of the processes, occurring in the cyclone with such natural phenomena as tornadoes has been carried out. It has been determined that many processes in the cyclone and tornado are similar. There is a significant difference in the scale of the phenomenon in the level of electromagnetic processes in the cyclone and tornado. In our country cyclones are applied as «right» and «left» directions of rotation of the gas stream, while the vortex of a tornado in the northern hemisphere is directed counterclockwise. Existing theories, describing the formation and existence of a tornado, has been considered. It is concluded that using existing theory to make the rationale for the preferential use of a particular type of cyclone, depending on the hemisphere of the Earth is difficult. It is proposed to establish a preference for use of a particular type of cyclone depending on the hemisphere Earth experimentally.

**cyclone, tornado, pressure, speed**

**Орлов Станіслав Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки і автоматики Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: автоматизація процесів і апаратів систем теплогазопостачання і вентиляції.

**Орлова Алла Яківна** – старший викладач кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вентиляція і кондиціонування приміщень житлових і громадських будівель.

**Орлов Станислав Михайлович** – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: автоматизация процессов и аппаратов систем теплогазоснабжения и вентиляции.

**Орлова Алла Яковлевна** – старший преподаватель кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: вентиляция и кондиционирование помещений жилых и общественных зданий.

**Orlov Stanislav** – PhD (Eng.), Associate Professor, Electrical Engineer and Automatics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: automation of processes and devices of systems heat and gas supply and ventilation.

**Orlova Alla** – senior teacher, Heating Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: ventilation and conditioning of dwelling and public premises.