

УДК 69.057; 658.382.3(0.35.5)

И.К. Садрtdинов – директор

E-mail: tatkomen1@yandex.ru

Республиканское производственное объединение «ТАТКОММУНЭНЕРГО»

А.М. Мусаев – кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ ТЯГОДУТЬЕВЫХ УСТРОЙСТВ В КОММУНАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И АГРЕССИВНЫХ ГАЗОВ

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся объяснения формирования и генерации хобота-торнадо, разработки способа и модели промышленной установки для усиления тяги в дымовых и вентиляционных каналах; изыскание возможных путей их использования в системах дымоотведения и вентиляции коммунальных и промышленных объектов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вихревые потоки, торнадо, безопасное усиление тяги, аварийная вентиляция, дым, агрессивная среда.

I.K. Sadrtidinov – director

RPO «ТАТКОММУНЭНЕРГО»

A.M. Musaev – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

THE APPLICATION OF NON FAN DEVICES FOR CREATING TRACTION IN UTILITY AND INDUSTRIAL OBJECTS FOR THE MOVEMENT OF HIGH-TEMPERATURE AND CORROSIVE GASES

ABSTRACT

The article explains the formation and the generation of tornado's trunk, develops the ways and models of industrial devices for increasing the traction in the flue and ventilation ducts; explores their possible use in systems of diversion and smoke ventilation systems for public utilities and industrial facilities.

KEYWORDS: vortex flows, tornadoes, gain traction control, alarm ventilation, smoke, hostile environment.

Изобретение относится к одной из самых энергоемких отраслей производства, таких как сжигание топлива в интересах технологических процессов, отопления и вентиляции. В результате сжигания топлива значительные объемы тепла выбрасываются в атмосферу с бытовыми, сбросными газами и отработанными вентиляционными потоками. Температуры сбросных и дымовых газов даже нормируются в пределах 250-400 °С.

Изобретение также направлено на исключение при перемещении агрессивных и дымовых газов, энергоемких, сложных в конструктивном исполнении и обслуживании дымососов и вентиляторов, особенно в пожаро-взрывоопасных производствах.

В известных способах усиления тяги в дымовых и вентиляционных каналах для перемещения потоков сбросных и дымовых газов используются весьма энергоемкие, сложные в конструктивном исполнении и обслуживании дымососы и вентиляторы [1]. Работа дымососов и вентиляторов в агрессивных и высокотемпературных средах приводит к быстрому износу наиболее нагруженных их лопастей, разбалансировке всего механизма и требует дополнительных затрат на восстановление. Поэтому целью изобретения было изыскание способа перемещения агрессивных и высокотемпературных потоков газа безопасными, конструктивно упрощенными устройствами, используя для этого собственные энергоресурсы и кинетическую энергию самих потоков [2].

Сущность способа безлопастного усиления тяги дымовых и вентиляционных каналов заключается в использовании энергетического потенциала двух восходящих вихревых потоков. Первичный вихревой восходящий поток создают у стенок в воронке-конусе за счет тангенциального подвода сжатого воздуха, а в центр восходящего вихревого потока подают дополнительные потоки перемещаемых газов с большим перепадом температур.

Устройство безлопастного усиления тяги дымовых и вентиляционных каналов состоит из воронки-конуса, установленной вершиной на всасывающий конус и имеющей в нижней части тангенциальные патрубки для подвода сжатого воздуха. В верхней части воронки-конуса установлен вершиной вниз конус-карман, опущенный на одну треть воронки-конуса и заглушенный по ее образующей. На конусе-кармане жестко закреплен сборный конус, вершина которого выполнена с фланцем, соединяющим устройство с газоотводящей трубой. Кроме того, конус-карман снабжен патрубком для сбора конденсата и шлама, а также тангенциальным патрубком для смывания шлама, тем самым выполняя и задачи газоочистки.

Способ безлопастного усиления тяги и конструкция устройства разработаны на основе современных представлений о механике потоков в торнадо [3]. Сущность изобретения поясняется на рисунках 1-3.

На рис. 1 показана схема генерации хобота торнадо [4]. Радарными наблюдениями удается измерить скорости вращения воздуха внутри него. Движение воздуха в системе торнадо обычно происходит против часовой стрелки, при этом наблюдается быстрое вращение «стенок» воронки и встречное вертикальное течение воздуха J_o в ее центре. По мере самогенерации вихревого движения за счет собственного массодинамического поля вихря происходит интенсивное возрастание скорости кольцевого J_k и осевого J_o движения воздуха внутри вихря, т.е. образуется быстровращающаяся вихревая трубка.

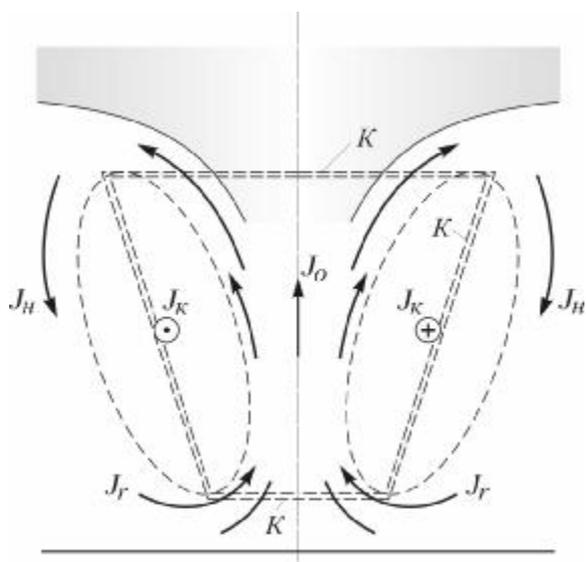


Рис. 1. Схема генерации торнадо [4]:
 J_k – кольцевой гравитационный поток;
 J_o – осевое движение воздуха внутри вихря (восходящий поток);
 J_n – нисходящий поток по периферии вихря;
 J_r – радиально подсосываемый воздух (гравитационный поток);
 K – жесткая воронка-конус модели.

По периферии вихря идет нисходящий поток J_n . Этим можно объяснить то, что не разность давлений приводит к подъему предметов в стволе вихря, а действие сил со стороны массодинамического поля вихря и скоростного напора воздуха. При этом предметы могут быть подняты на большую высоту внутри вихря или вдавлены в землю на его периферии в зависимости от полученного направления движения потоков.

При вращении вихря против часовой стрелки внутри вихря возникает восходящий поток J_o , а снаружи – нисходящий J_k . Вертикальный гравитационный ток вихря J_o генерирует собственное кольцевое массодинамическое поле вихря с собственной напряженностью, которое взаимодействует с горизонтальными потоками подсосываемого воздуха – гравитационными токами J_r . В результате возникает осевая массодинамическая сила, которая направлена вертикально вверх и, следовательно, ускоряет общий восходящий поток внутри вихря, увеличивая J_o . На периферии вихря эта сила направлена вниз, формируя нисходящий поток воздуха, который практически вдавливают предметы в землю.

При разработке способа и модели промышленной установки для усиления тяги в дымовых и вентиляционных каналах нас могли интересовать только те массодинамические процессы, которые

генерируют восходящие потоки J_o внутри вихря и интенсифицируют радиальные потоки подсосываемого воздуха J_r . Потоки на периферии J_k , направленные вниз, не могут быть использованы для усиления восходящих потоков внутри вихря. Поэтому появилась необходимость при моделировании хобота торнадо отсечь непродуктивную часть путем введения жесткого конуса (K) в середину гравитационного кольца J_k . Создавая вихревой поток внутри жесткого конуса искусственно за счет сжатого и компримированного воздуха, удастся исключить периферийную часть кольцевого гравитационного потока J_k (рис. 2).

В предлагаемом способе безопасного усиления тяги дымовых и вентиляционных каналов для создания тяги используется энергетический потенциал восходящих вихревых потоков. Первичный вихревой восходящий поток формируется в воронке-конусе за счет тангенциального ввода струй сжатого воздуха. В центр восходящего вихревого потока направляют поток перемещаемых газов (J_r) с большим перепадом температур.

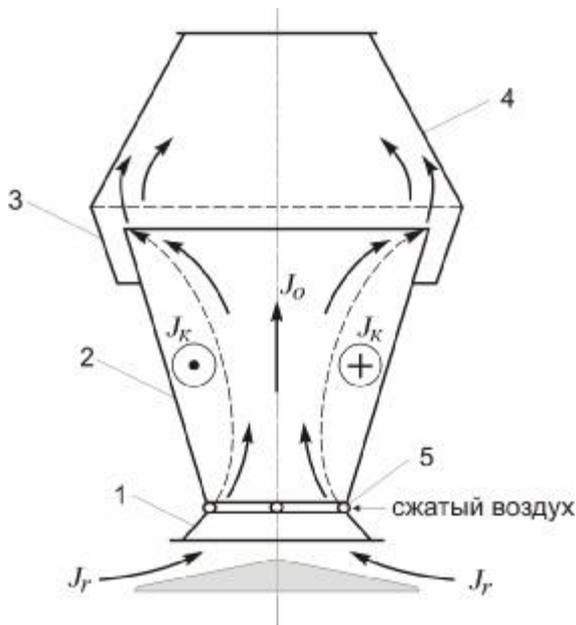


Рис. 2. Модель безопасного устройства для усиления тяги в дымовых и вентиляционных каналах

Это, в свою очередь, не противоречит первому закону термодинамики, когда оба потока участвуют в турбулентном энергообмене и создании дополнительной работы по увеличению скоростей радиально подсосываемых потоков [5]:

$$dq = dh + d(c^2/2),$$

где dq – теплота, подведенная к рабочему телу, движущемуся со скоростью c ; идет на увеличение его энтальпии dh и кинетической энергии;

$d(c^2/2) = -Vdp$ – кинетическая энергия рабочего тела, в данном случае равна технической работе по увеличению скорости вращения совместных потоков.

Описывая процессы возникновения воздушных вихрей, многие исследователи отмечают, что источником энергии для их воспроизводства может быть только внутренняя кинетическая энергия среды, а также высокая температура воздуха и энергия, выделяющиеся при конденсации паров воды, чем и объясняется массодинамическая природа вихревых процессов [3].

Учитывая сложность вышеописанных процессов, появилась необходимость модельной материализации устройства до реализации патента в производственных условиях. Основной задачей было правильно сформировать в воронке-конусе кольцевой гравитационный поток J_k . В предварительной схеме устройства ввод сжатого (компримированного) воздуха осуществляется через тангенциальные патрубки. Но это не позволяло создавать равномерно распределенное кольцевое движение вихря внутри конуса.

По результатам испытаний различных вариантов образцов выбор был остановлен на четырех подающих патрубках (рис. 3), что позволило при оценке геометрии конуса-воронки воспользоваться ранее разработанными методиками расчета вихревых устройств с тангенциальным вводом [6].

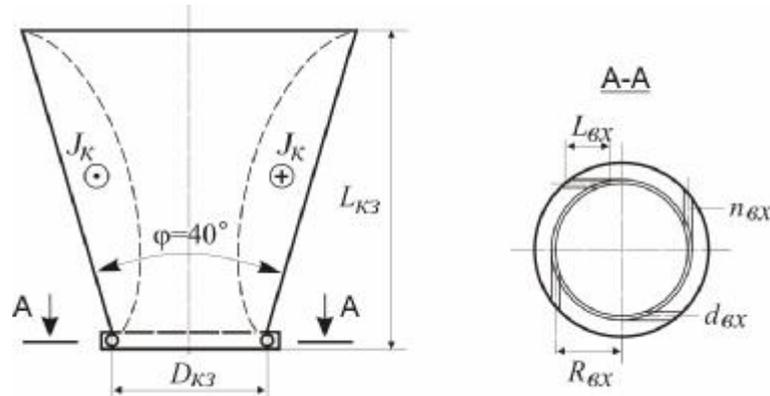


Рис. 3. Схема тангенциального ввода воздушных потоков в воронку-конус

Геометрический параметр конуса (A) определяется по формуле [6]:

$$A = \frac{R_{вх} \cdot r_c}{n_{вх} \cdot r_{вх}^2},$$

где $R_{вх}$ – радиус входа; r_c – радиус сопла; $n_{вх}$ – число входных каналов; $r_{вх}$ – радиус входного канала.

Степень раскрытия сопла – $C = R_{вх}/r_c$; относительная длина входного канала – $L_{вх} = L_{вх}/d_{вх}$; относительная высота камеры закручивания принимается по образующей конуса – $L_{кз} = L_{кз}/D_{кз}$, где $L_{кз}$ – высота образующей конуса; $D_{кз}$ – диаметр основания камеры закручивания.

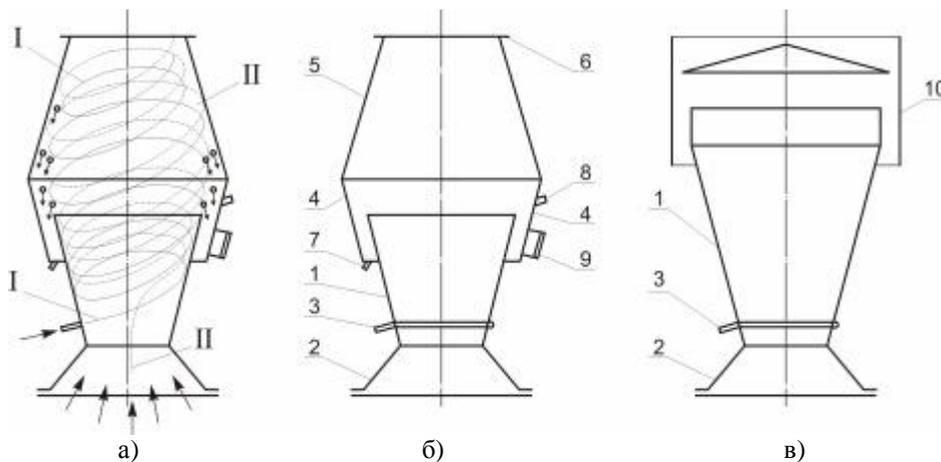


Рис. 4. Конструктивные особенности испытываемых устройств

На рис. 4 а изображены траектории вихревых потоков, созданного сжатым воздухом I и второго потока перемещаемых газов II , вводимого в центр вращающегося вихря. На рис. 4 б показано устройство безлопастного усиления тяги дымовых и вентиляционных каналов, которое состоит из воронки-конуса 1, установленной вершиной на всасывающий конус 2. В нижней части воронки-конуса 1 установлены тангенциальные патрубки 3 для подвода сжатого воздуха. На воронку-конус 1 сверху посажен вершиной вниз конус 4 с основанием, большим основания воронки-конуса 1. Конус 4 опущен на одну треть воронки-конуса 1, создавая карман, заглушенный по образующей воронки-конуса 1. На конус-карман 4 установлен сборный конус 5, равного диаметра по основанию конуса-кармана 4. Вершина сборного конуса 5 оканчивается фланцем 6 для соединения с газоотводящей трубой. Конус-карман 4 снабжен патрубком 7 для сброса конденсата и шлама, тангенциальным патрубком 8 для смыва шлама, смотровым окном 9. На рис. 4 в показан дефлектор, в который введена воронка-конус 1 и вместо сборного конуса 5 установлено кольцо-обтекатель 10.

Весь конструктивный ряд устройств моделировался с разными параметрами и с использованием в конусе-воронке сжатого воздуха под давлением от 0.2 до 0.6 МПа, или струями от малых тягодутьевых устройств высокого давления.

Для испытания моделей создавалась специальная камера с двумя каналами на входе и выходе воздушного потока. На входе в камеру устанавливались замерные коллекторы, а на канал выхода потока размещался всасывающий конус модели. Для создания и регулирования температурного режима перемещаемых потоков были установлены воздушные тэны с общей мощностью до 4.5 кВт.

Обобщенные результаты испытаний показали, что соотношение объемов подаваемого сжатого воздуха и подсасываемого газа колеблется в пределах от 2 до 648 раз, в зависимости от давления сжатого воздуха (0.2-0.6 МПа). Это позволяет организовать регулирование производительности установки в широких пределах в производственных условиях.

Согласно лицензионному договору на использование патента были изучены проблемные вопросы в коммунальных и промышленных объектах, связанных с жизнеобеспечением. Современное строительство жилых комплексов требует повышения этажности сооружений жилищного фонда и производственных объектов, что ведет к осложнению системы жизнеобеспечения. В случаях пожарной ситуации высотные дома остаются без аварийной защиты. В основном, выходят из строя электрокоммуникации и вентиляторы, которые могут работать в аварийном режиме не более 40-60 мин. [7]. При использовании естественной вентиляции в период летнего безветрия гидростатическое давление отсутствует, шахты и типовые дефлекторы не работают – высотные дома остаются без вентиляции. Подобные явления распространяются и на пожароопасные объекты категории А, Б и т.д., поэтому на данных объектах используется принудительная энергоемкая вентиляция, исключая дешевый ветровой напор.

Как один из путей решения этих проблем, было рассмотрено использование безлопастных вентиляционных и модернизированных дефлекторов, способных работать длительное время при температуре более 600 °С. При совмещении этих двух моделей они могут работать на вытяжной и подпорной ветвях вентиляции (рис. 5).

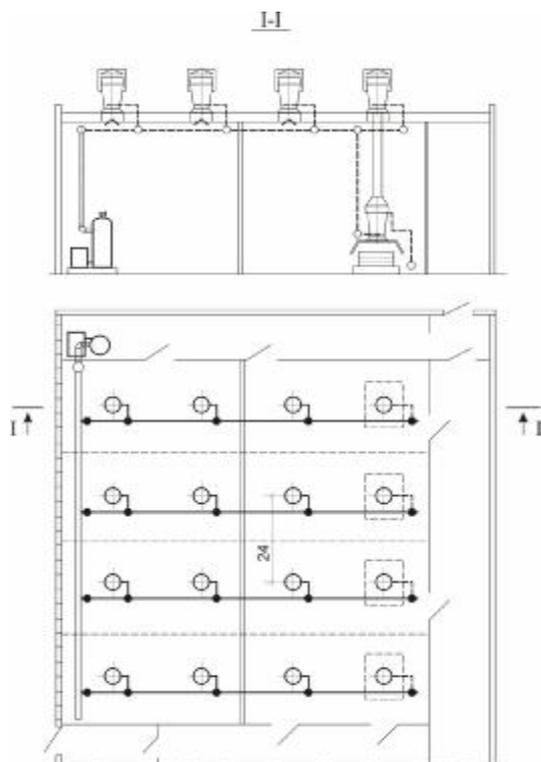


Рис. 5. Схема типового цеха категории А, Б. Помещение разделено на дымовые зоны:
⊕ – дымовые шахты оборудованы дефлекторами периодического действия от сжатого воздуха; ↗ – местные вытяжки с очисткой выбросов

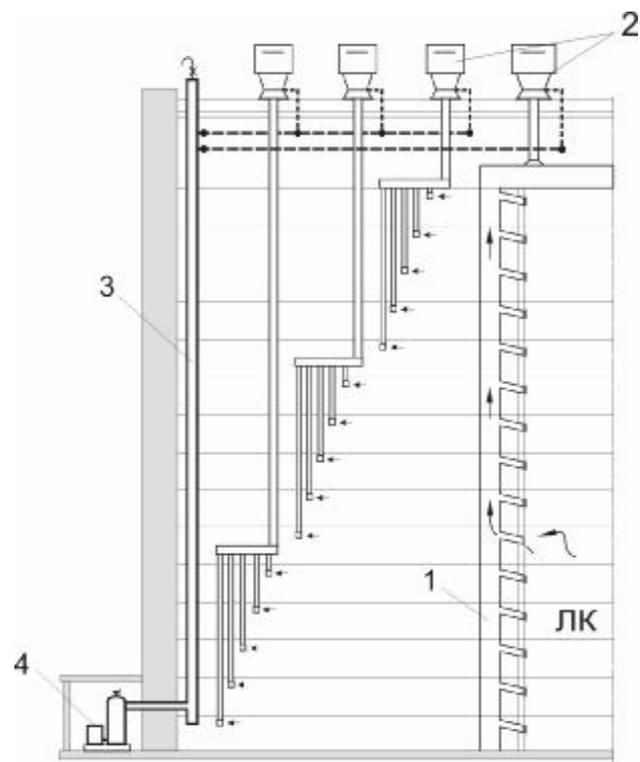


Рис. 6. Схема одного из возможных вариантов аварийной вентиляции жилого дома при пожаре и безветрии в теплый период года: ЛК – лестничная клетка; 1 – шахта противодымной вентиляции; 2 – дефлекторы периодического действия на сжатом воздухе; 3 – труба-ресивер; 4 – компрессор с ресивером

В общеобменной вентиляции высотных домов модернизированные дефлекторы будут работать по принудительной схеме, т.е. включаться в сеть сжатого воздуха в период летнего безветрия и при аварийных условиях. Остальное время года дефлекторы будут работать по обычной расчетной схеме под воздействием ветрового напора (рис. 6). Аварийный режим вентиляции высотного дома может обеспечиваться сочетанием принудительной работы модернизированных дефлекторов и подпорным режимом безлопастных установок за счет запаса воздуха в ресиверах и трубах-ресиверах, даже при выходе из строя электропитания [8].

Для обеспечения вентиляции в период летнего безветрия в высотных домах, находящихся в эксплуатации, предложена схема (рис. 7), сочетающая модернизированный дефлектор с малым высоконапорным вентилятором, через всасывающий патрубок которого осуществляет отбор воздуха в той же шахте, что и для создания восходящего вихревого потока в дефлекторе. Это позволяет использовать тягу дефлектора и вентилятора в тандем-системе из одной и той же вентиляционной шахты. Вентилятор будет работать периодически только при отсутствии тяги в вентиляционной шахте и выключаться при возрастании ветрового напора на дефлектор. Также его система включения должна быть сблокирована с аварийной системой вентиляции здания.

Рассматриваемый патент применим и в вопросах по снижению загрязнения атмосферного воздуха дымовыми и агрессивными газами в результате работы на газообразном топливе котельных и промышленных печей. Опасность загрязнения усугубляется тем, что данные объекты располагаются на промышленных площадках в городской черте.

В продуктах сгорания любого топлива, содержащего углеродистые соединения, в случаях недостатка воздуха и нарушении режима горения, появляются: оксид углерода, окислы азота, диоксиды и другие сопутствующие неполному сгоранию топлива углеводороды.

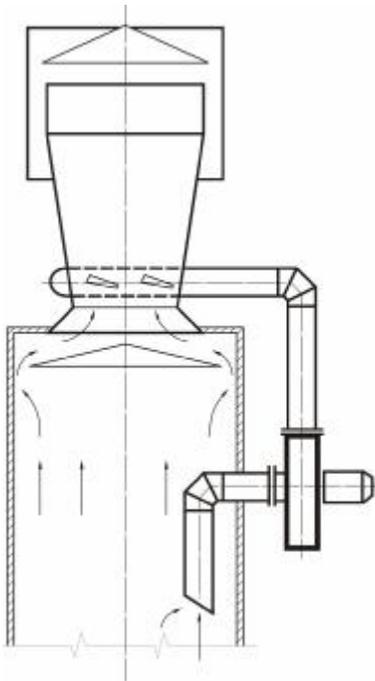


Рис. 7. Вентиляционная шахта оборудована дефлектором с побудителем вихря от вентилятора высокого давления

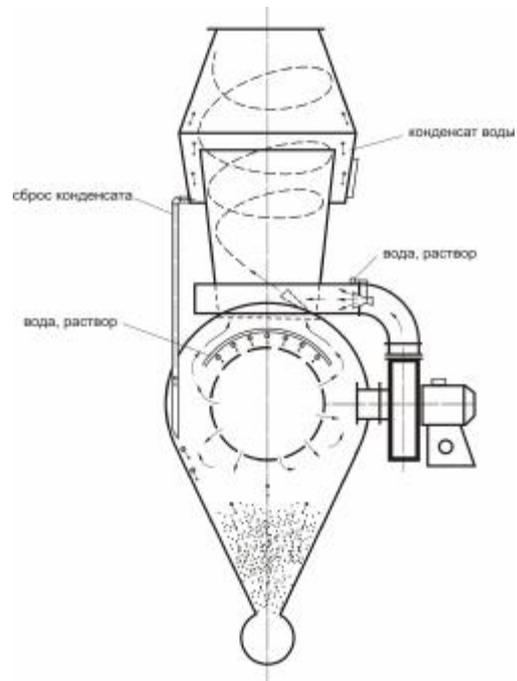


Рис. 8. Схема дымооса-промывателя дымовых и агрессивных газов для котельных и промышленных печей, работающих на газовом топливе

От общего объема выбрасываемых газов диоксиды (углекислые газы) составляют 12-15 %. Основным методом борьбы с загрязнением атмосферы в селитебных и промышленных зонах от печей, работающих на газообразном топливе, является выброс дымовых газов вверх через трубы на нормированную высоту. Поэтому котельные установки коммунального сектора используют уравновешенную систему искусственной тяги. При этом для преодоления сопротивления воздушного тракта и подачи воздуха устанавливают дымоососы и дутьевые вентиляторы. Назначением дымовой трубы становится отвод продуктов сгорания в атмосферу на нормированную высоту за счет резервируемого гидростатического давления.

В предложенной схеме (рис. 8), не нарушая уравновешенной системы искусственной тяги котельной или промышленной печи, реализуется возможность замены дымососа на безопасную установку. Так как, учитывая единичность объекта, сооружать компрессорное хозяйство будет неэффективно, было принято решение применить тандем-систему с использованием дымососа высокого давления меньшей мощности. Подбор безопасной установки и соответствующего дымососа осуществляется в зависимости от их суммарной тяги и объема перемещаемого газа. Одновременно безопасная установка выполняет задачу промывателя дымовых газов, освобождая их от вредных органических примесей и углекислого газа перед выбросом в атмосферу. Промывочный раствор может дозированно подаваться в зону бункера, а также в поток газов, проходящих после дымососа. Общие энергозатраты тандем-системы должны быть на несколько порядков ниже, чем у типовых дымососов котлоагрегата или промышленной печи..

Заключение

Основными направлениями приложения патентных разработок были энергосбережение и улучшение жизнеобеспечения коммунальных и пожароопасных промышленных объектов, а также изыскание способов перемещения агрессивных и высокотемпературных потоков газа конструктивно упрощенными устройствами, использующими для этого собственные энергоресурсы, кинетическую энергию самих потоков и ветрового напора. Это позволяет шире использовать дешевую ветровую энергию в общеобменных вентиляционных системах и аварийной вентиляции. При этом энергия сжатого воздуха привлекается кратковременно, в период летних безветрий и в аварийных ситуациях, улучшая жизнеобеспечение объектов, доводя их до стадии прогнозируемых.

Рассмотрены энергосберегающие схемы использования способа и устройств для отдельных объектов коммунального хозяйства и производственных пожаро-взрывоопасных объектов категорий А, Б и др.

Разработана схема дымососа-промывателя для снижения содержания углекислого газа в дымовых газах перед выбросом его в атмосферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СК-8. Строительный каталог. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Раздел 84. Оборудование для котельных установок. Дымососы и дутьевые вентиляторы. – М.: Госстрой СССР, ВНИИИС, 1989. – 126 с.
2. Патент РФ №2365819 от 27.08.09. Способ безопасного усиления тяги в дымовых и вентиляционных каналах и устройство безопасного усиления тяги в дымовых и вентиляционных каналах. Мусаев А.М.
3. Гришаев А.А. Некоторые вопросы физики циклонов и торнадо // Известия науки – анализ и гипотезы. URL: <http://www.inauka.ru/analysis/article75478>.
4. Самохвалов В.Н. Массодинамическая природа вихревых процессов. URL: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8954.html>.
5. Арсеньев Г.В. Энергетические установки: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 336 с.
6. ГОСТ 21980-76. Форсунки центробежные газовые с тангенциальным вводом. Номенклатура основных параметров и методы расчета.
7. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование. Книга 2. – М: Стройиздат, 1992.
8. Инженерное оборудование зданий и сооружений / Под ред. проф. Табунщикова Ю.А. – М.: Высшая школа, 1989. – 238 с.