

Скорик Татьяна Александровна

Skorik Tatiana

Доцент кафедры «Отопление, вентиляция и кондиционирование»

Docent of Department of "Heating, Ventilation and Air Conditioning"

Страхова Наталья Анатольевна

Strahova Natalia

Заведующая кафедрой «Отопление, вентиляция и кондиционирование»

Head of Department of "Heating, Ventilation and Air Conditioning"

Глазунова Елена Константиновна

Glazunova Elena

Доцент кафедры «Отопление, вентиляция и кондиционирование»

Docent of Department of "Heating, Ventilation and Air Conditioning"

Ростовский государственный строительный университет

Rostov State Building University

05.23.03 - Теплоснабжение, вентиляция,

кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

E-Mail: ovik1935@mail.ru

Принципы конструирования пылеулавливающих устройств

Principles of designing of dust collecting devices

Аннотация: Рассмотрены принципы выбора и конструирования пылеулавливающих устройств для конкретных производств. Приведена номограмма для расчета конструктивных и режимных параметров и примеры расчета для различных отраслей промышленности.

The Abstract: Examined the principles of selection and construction of dust collecting devices for specific industries. Given the graph for calculation of design and operating parameters, and examples for different industries.

Ключевые слова: Конструирование пылеулавливающих устройств, промышленность.

Keywords: Construction of dust collecting, industry.

Моделирование и прогноз эффективности работы пылеулавливающих аппаратов являются неотъемлемой частью их конструирования. В настоящее время существует значительное количество разнообразных пылеулавливающих аппаратов, работающих на разных принципах. Однако новые задачи в данной области возникла необходимость решения новых задач, связанная с актуализацией принципов энергосбережения, экологичности и технологической надежности.

Обоснование выбора математических методов моделирования базируется на единстве закономерностей струйных воздушных течений, лежащих в основе многообразия типов кон-

структивного оформления местных отсосов позволяет говорить о возможности единого подхода к математическому описанию эффективности их работы.

С точки зрения пригодности к практике проведения инженерных расчетов и прогнозов методики описания процессов улавливания загрязнений должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Простота численного алгоритма, позволяющая получать качественные и точные результаты на ПК;
2. Получение наглядного и физически точного описания процесса распространения воздушного потока и загрязняющих веществ (ЗВ) - диаграммы, графики, поля скоростей, давлений, концентраций и т.п.;
3. Возможность получения решения без предварительных предположений о характере ожидаемого решения.

Перечисленные требования, будучи достаточно жесткими, обуславливают необходимость краткого анализа и обоснования выбора математического метода расчета. Используемые в настоящее время математические методы решения различного рода прикладных задач, в том числе задач движения и массопереноса при улавливании, условно можно разделить на следующие группы [1]:

1. *Точные методы*, которые позволяют получить искомые величины в аналитическом виде без каких либо упрощений исходной задачи. Эти методы применяют преимущественно для решения некоторых линейных задач, описываемых уравнениями в частных производных сравнительно невысокого порядка в областях простой геометрии. Но рассматриваемые нами процессы улавливания загрязнений невозможно описать с помощью упрощенных линейных уравнений. Известных же нелинейных уравнений, которые могут быть аналитически полностью решены для любых краевых условий очень мало. Поэтому в случае улавливания ЗВ при необходимости исследования нелинейных уравнений основной целью и большим достижением считается получение частных решений.

Процедура отыскания таких решений зависит от существования простой эталонной модельной задачи, решение которой известно. Но даже в случае, когда частное аналитическое решение некоторой задачи найдено, оно может оказаться неудобным или вообще бесполезным для численных расчетов. Поэтому можно сделать вывод, что в условиях нелинейности уравнений движения, массопереноса и граничных условий, зависимости коэффициентов уравнений от координат, сложной формы границ получить точные аналитические решения задачи определения эффективности улавливания ЗВ в рабочей зоне невозможно.

2. *Асимптотические методы*, которые позволяют выяснить качественные закономерности изучаемого процесса, а также упрощенно описать его уравнения. Асимптотические решения представляются в виде одного или нескольких рядов, каждый член которых удовлетворяет более простому, чем исходное, уравнению в частных производных. Возникающие при решении неизвестные постоянные и структуры асимптотического разложения определяются с помощью процедур сращивания. Являясь наиболее общими из всех аналитических методов, асимптотические методы в настоящее время еще не имеют строгого математического обоснования.

Асимптотические ряды достаточно медленно сходятся (иногда и расходятся). При этом удается вычислить не более двух трех первых членов разложения. Указанные обстоятельства не позволяют оценить поведение решения при промежуточных (конечных) значениях параметра или координаты и накладывают существенные ограничения на использование асимптотических формул для инженерных расчетов.

3. *Приближенные методы*, которые основаны на свойстве информативности формул, полученных при исследовании аналогичных процессов. При этом под информативностью формулы понимают возможность описания с ее помощью более широкого круга явлений и процессов, чем те, для которых она была получена. Последнее обусловлено тем, что функциональные связи, положенные в ее основу, являются одними и теми же для широкого класса задач качественно схожего типа, имеющих одинаковый физический смысл. Модификации и различия этих задач учитываются через значения соответствующих параметров. К приближенным методам относятся методы размерностей и подобия, а также принцип аналогий.

Методы теории подобия позволяют свести любое физическое соотношение между размерными величинами к соотношению между значительно меньшим числом безразмерных величин (критериев). Использование безразмерных критериев значительно облегчает процедуры физического и математического моделирования процессов, а также обработку экспериментальных данных. В тоже время критериальные зависимости представляют собой неявный вид функциональных соотношений, выявляющих лишь их структуру и число входящих в них безразмерных параметров. В силу этого для задач, имеющих математическую формулировку, роль методов теории подобия и размерностей носит вспомогательный характер.

Принцип аналогий базируется на том, что многие задачи качественно схожего типа обладают весьма похожими количественными свойствами. Это позволяет переносить знание и основные функциональные соотношения, полученные при рассмотрении некоторого объекта на другой, менее изученный объект.

Основными недостатками получаемых при этом зависимостей являются отсутствие корректной математической обоснованности. В связи с этим необходимо отметить, что уровень математической обоснованности определяется степенью «схожести» рассматриваемых аналогий. Если в качестве таких аналогий выступают процессы, имеющие одинаковые диапазоны изменения геометрических (основные конструктивные размеры, дисперсные характеристики), кинематических (скорости и режимы движения частиц и среды) и динамических (перечень и характер внешних и внутренних взаимодействий) параметров, оперирующие одними и теми же материальными объектами (ЗВ, аэро- и гидродинамические потоки), то математическая обоснованность получаемых зависимостей во многом определяется обоснованностью исходного математического материала. Тоже можно сказать и о точности вычислений.

Эмпирические зависимости, используемые сегодня для математического описания процесса улавливания (расхода, скоростей, координат), а также опытные данные о значениях ряда констант имеют невысокий уровень точности. Это, однако, не мешает их широкому использованию при проектировании.

В данном случае речь идет об априорном принятии некоторой достаточной для практических целей точности вычислений, уровень которой определяется в основном точностью экспериментальных определений. Благодаря этому использование комбинированного подхода, основанного на принципе аналогий и дополненного методами теории подобия, можно считать наиболее целесообразным для математического описания технологической эффективности работы местных отсосов ЗВ.

С его помощью можно сравнительно быстро:

- получить окончательные результаты в простом аналитическом виде (в форме алгебраических уравнений и условий, учитывающих большое количество различных факторов), которые могут быть непосредственно использованы в инженерной практике;

- обеспечить глубокое неформальное понимание физической сущности явлений, конкретное представление о механизме рассматриваемого процесса, что позволит сделать заключения общего характера.

4. *Численные методы* дают возможность получать решение путем многократного вычисления по определенному алгоритму, реализующему тот или иной численный метод. В качестве исходных данных для вычисления используются числовые значения параметров объекта, внешней среды и начальных условий. Численные методы являются интерактивными процедурами: для проведения следующего шага расчетов (при новом значении управляемых переменных) используются результаты предыдущих расчетов, что позволяет получать в процессе вычислений улучшенные результаты и тем самым находить оптимальное решение.

Численные методы позволяют заменить дифференциальные соотношения соответствующими конечно-разностными аппроксимациями. Это позволяет для решения уравнений в частных производных использовать различные численные алгоритмы, содержащие большое число только алгебраических и логических операций. Они наиболее пригодны для решения задач, связанных с прогнозом и оптимизацией параметров.

Одним из представителей численных методов является метод крупных частиц (МКЧ) [2]. Метод крупных частиц используется для исследования закономерностей распределения вредных примесей в воздухе промышленных помещений и за их пределами. В методе крупных частиц распространение примеси моделируется как безынерционное распространение. Метод позволяет исключить необходимость физического моделирования, а также получать данные о распределении вредных примесей для практически любого состояния воздушной среды и формы препятствий произвольного контура на ПК средней мощности. В силу этого МКЧ может быть использован для описания санитарно-гигиенической эффективности работы пылеулавливающих устройств.

Качество работы вентиляционных систем, степень достижения ими своего целевого назначения описывает совокупность рабочих параметров.

Стандартная номенклатура показателей качества применительно к пылеулавливающему устройству, являющемуся одним из основных видов оборудования в вентиляционной технике, определена только для четырех групп газоочистного и пылеулавливающего оборудования: аппаратов центробежного действия сухих, аппаратов центробежного действия мокрых, фильтров тканевых и электрофильтров. Она включает следующие группы показателей:

- *показатели назначения*, включающие производительность по очищаемому газу и основную для данного типа оборудования геометрическую характеристику;

- *показатели надежности*, определяющие долговечность через установленные ресурсы до капитального ремонта и списания;

- *показатели экономичного использования материалов и энергии*, определяющие расход материала через массу; экономичность расхода материала через удельную материалоемкость и экономичность энергозатрат через энергетические затраты на очистку.

- *технические параметры*, включающие производительность (расходные характеристики), потери давления (коэффициенты сопротивления) и эффективность (КПД) работы;

- *функциональные параметры*, включающие надежность работы (устойчивость к абразивному, коррозионному воздействию, залипанию, засорению и т.п.) и характеристики электро-, взрыво- и пожаробезопасности;

- *экономические параметры*, учитывающие собственно экономические показатели (приведенные затраты, экономическую эффективность и др.), а также уровень энергопотребления (энергетический, эксергетический КПД и т.п.).

Ценность выделенных рабочих параметров неодинакова. Абсолютный приоритет среди них принадлежит техническим параметрам, поскольку именно они характеризуют целевое назначение вентиляционных систем.

Подобный подход и реализация вышеприведенных принципов соблюдались при разработке модульного пенно-капельного аппарата, представляющего собой устройство для проведения газожидкостных процессов, таких как процессы мокрого пылеулавливания и газоочистки [3].

Сущность предлагаемого устройства заключается в том, что он состоит из индивидуальных модулей, внутри каждого из которых размещена дюза в виде трубы Вентури. Дюза состоит из конфузора, горизонтально расположенной горловины с винтовыми прорезями, частично погруженной в промывную жидкость, заполняющую корпус устройства и диффузора.

Аппарат набирается из нескольких индивидуальных модулей, корпус которых имеет цилиндрическую форму, в каждом из которых равномерно расположено несколько дюз, на конфузор которых насаживается каплеуловитель, состоящий из цилиндрического корпуса, к крышке которого верхним основанием присоединен сепарирующий элемент, выполненный в виде обратного усеченного конуса, по поверхности которого расположены большими основаниями вверх трапециевидные прорези с отбойниками, и все это размещено в общем корпусе и снабжено входным, отводящим и шламовым коллекторами.

Технический результат использования данного устройства заключается в том, что размещение в общем корпусе нескольких модулей позволяет значительно увеличить производительность аппарата с экономией занимаемой им площади и снижению металлоемкости. Цилиндрическая форма корпуса дает возможность равномерно расположить в каждом модуле несколько дюз, что также способствует увеличению производительности, снижению металлоемкости и турбулизации среды внутри модуля, что в свою очередь интенсифицирует коагуляцию частиц и их улавливание. Установка каплеуловителей на диффузоры дюз снижает влагонес и способствует повышению эффективности. Модульный пенно-капельный аппарат работает следующим образом.

В момент включения жидкость находится на определенном уровне, при этом винтовые прорези в горловине расположены по всей ее длине так, что часть винтовых прорезей может быть полностью погружена в жидкость. Пылегазовый поток через общий входной коллектор вводится в конфузор, и по мере движения по конфузору скорость потока увеличивается. В горловине происходит закручивание газопылевого потока с помощью винтовых прорезей.

Закрученный газопылевой поток эжектирует жидкость и взаимодействует с ней, образуя пенную зону. В результате этого твердые частицы интенсивно сепарируются на стенках пузырьков пенного слоя. Толщина пенного слоя зависит от уровня жидкости, который устанавливается в зависимости от объема подаваемого воздуха, диаметра горловины и дисперсного состава твердой фазы. Помимо пенного слоя в горловине образуется капельный слой за счет срыва части жидкости газопылевым потоком, движущимся из конфузора под углом к горловине.

Обработанный газопылевой поток с каплями и пузырьками пены поступает в диффузор, где продолжается взаимодействие не уловленных в пенном слое твердых частиц с каплями жидкости и сепарация их на стенки диффузора за счет энергии закрученного потока.

Отсепарированные капли жидкости с твердыми частицами образуют закрученную пленку, свободно текущую по внутренней поверхности диффузора, а обработанный поток поступает внутрь каплеуловителя. При этом часть жидкости, оставшейся в закрученном потоке воздуха на выходе из диффузора, срывается с его верхней кромки и отводится через зазор ме-

жду сепарирующим элементом, прикрепленным к корпусу каплеуловителя и кромкой диффузора.

Во вторую зону сепарации, в сепарирующий элемент, поступает незначительная, но наиболее трудно улавливаемая часть мелких капель. Улавливание жидкости в сепарирующем элементе на отбойниках осуществляется за счет инерционных сил. Жидкость, уловленная на этом этапе сепарации, отводится в виде жидкостной пленки по поверхности отбойников в полость корпуса каплеуловителя и далее в корпус модуля. Жидкость с уловленными частицами отводится из корпуса модуля в общий шламовый коллектор периодически, по мере ее загрязнения. Очищенный от твердых частиц и влаги газовый поток отводится от каждого модуля через отводящий патрубок в общий отводящий коллектор.

Повышение производительности аппарата за счет увеличения количества дюз в каждом модуле и компоновки аппарата из нескольких модулей в зависимости от требуемой производительности; снижение влагоуноса в результате установки каплеуловителя; увеличение эффективности за счет уменьшения влагоуноса. – все это способствует повышению к.п.д. устройства и установки в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Страхова Н.А., Беккиева С.А., Гриценко О.В. Инженерные, технологические и экологические методы снижения загрязнения воздуха рабочих зон различных отраслей промышленности. - Нальчик: Изд. КБГСХА, 2000.- 144 с.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем.- М.: Наука, 1978. -400с.
3. Патент на полезную модель № 111774 от 25.07.11 «Модульный пенно-капельный аппарат» авт. Скорик Т.А., Глазунова Е.К., Горлова Н.Ю., Новгородский Е.Е., Трубников А.А.