

2. Разработана технология определения износостойкости антифрикционных композиционных материалов.
3. Произведено исследование износостойкости композиционных материалов на основе эпоксидной смолы и металлического порошка.

Література

1. Бабец Н. В. Васильев Б. Н., Исмаилов М. А. Самосмазывающиеся материалы «Трение, износ», том 13 №49, – 7 с.
2. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Сопротивление абразивному изнашиванию структурно неоднородных материалов. сб. «Трение и износ в машинах» XII, М., изд. АН СССР – 1958
3. Шумов О. В. Получение износостойких покрытий на основе меди для подшипников скольжения. Ремонт, восстановления модернизация №4 – 2011. – 24 с.
4. Иванова Л.А., Гараев М.Б., Косицин Н.О. Разработка технологии композиционного материала на основе пластмасс холодного отверждения и ферромагнитного наполнителя под действием магнитного поля. «Наукові праці» вып. 40, том 2 – Одесса: – 2011 – 386. с.
5. Зайцев А.К. Методика лабораторного испытания на износ. Всесоюзная конференция по трению и износу в машинах. АН СССР. 1959.

УДК 533.6.011

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ И ДАВЛЕНИЯ ГАЗА ПРИ ОБТЕКАНИИ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ

Дементьев А.А., доктор технических наук

ООО Научно-производственная фирма «Интэкос», г. Санкт-Петербург

Сороко О.Л., кандидат технических наук, доцент

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси

по продовольствию», г. Минск

Дук А.А., директор ОАО «Глубокский мясокомбинат», г. Глубокое

Поставлена и численно решена задача турбулентного плоского нестационарного течения вязкого несжимаемого газа через произвольные пакеты цилиндрических стержней (электродов). Результаты расчета позволяют теоретически определить конструкцию электроразрядной кассеты.

The problem of a turbulent flat non-stationary current of viscous incompressible gas through any packages of cylindrical cores (electrodes) is put and numerically solved. Results of calculation allow to define a design of the electrodischarge cartridge theoretically.

Ключевые слова: обезвреживание и очистки газоздушных потоков, низкотемпературная плазма, барьерный разряд звуковой частоты, электроразрядная кассета.

Крупномасштабное воздействие пищевых промышленных производств на среду обитания человека создает проблему защиты атмосферы от токсичных выбросов. Традиционные способы обезвреживания и очистки вентиляционных выбросов от токсичных газообразных веществ (сорбционные и окислительные) не всегда решают проблему в силу различных объективных и субъективных причин, поэтому научный поиск разработки современных технологий по их обезвреживанию является актуальным.

На наш взгляд одним из перспективных направлений в разработках нетрадиционных технологий в области защиты атмосферного воздуха являются исследования элементарных процессов (нано процессов) протекающих в низкотемпературной плазме. Для возбуждения низкотемпературной плазмы (НТП) могут применяться различные виды газового разряда. Поскольку процесс должен протекать при атмосферном давлении наиболее приемлемым оказывается барьерный разряд звуковой частоты (БРЗЧ) [1].

НТП БРЗЧ является неравновесной плазмохимической системой, в которой наличие «активных центров» (возбужденные атомы и молекулы, жесткое УФ-излучение и т.д.) стимулируют химические процессы невозможные при обычных условиях.

Для возбуждения НТП БРЗЧ возможно применение любых конструкций и взаимного расположения электродов. Одним из главных критериев при разработке конструкции разрядного блока должны быть минимальные аэродинамические характеристики. С этой точки зрения перспективным является конст-

рукция разрядного блока кассетного типа. На рис. 1 представлен схематический чертеж электроразрядной кассеты.

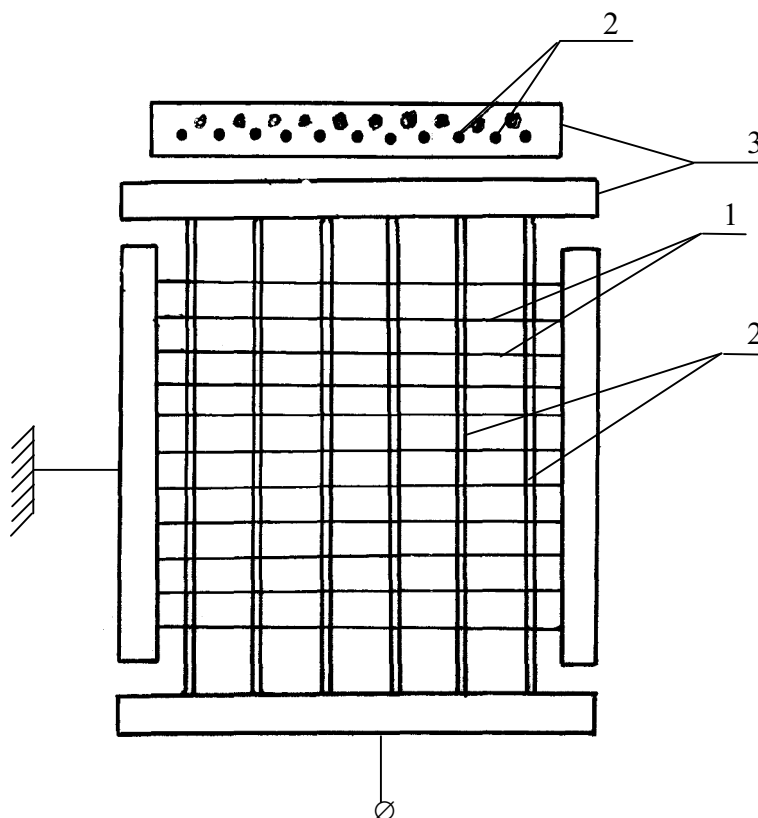
Электроразрядная кассета состоит из двух решеток цилиндрических стержней (электродов), расположенных в шахматном порядке. При разработке электроразрядного устройства необходимо сделать оптимальный выбор как самого устройства, т. е. подобрать диаметр стержней, расстояние между стержнями в решетке, расстояние между решетками, так и подобрать количество и взаимное расположение электроразрядных кассет в устройстве. Имеющиеся полуэмпирические зависимости [2] не позволяют сделать такой выбор, так как они описывают интегральные параметры течения газа сквозь решетки определенного типа.

Данная статья посвящена определению полей скорости течения и давления газа, а также сил сопротивления течению газа со стороны стержней при обтекании газом различных электроразрядных устройств.

Эти параметры являются основой оптимизации электроразрядного устройства.

Для построения уравнений, описывающих движение вязкого газа, вводятся следующие допущения:

1. Так как скорость течения газа в вентиляционных каналах обычно не превышает 20 м/с, то считаем, что набегающий на электроразрядную кассету газ является несжимающейся жидкостью.
 2. Каждая электроразрядная кассета состоит из бесконечного числа параллельных друг другу цилиндрических стержней бесконечной длины.
 3. Скорость набегающего потока газа на кассету направлена перпендикулярно осям стержней.
- С учетом этих предположений следует рассмотреть плоское течение газа.



1 – низковольтный электрод; 2 – высоковольтный электрод; 3 – изолятор

Рис. 1 – Схематический чертеж электроразрядной кассеты

Число Рейнольдса (Re), определенное по диаметру стержней и скорости набегающего газа на кассету, на порядок и более превышает его критическое значение. Поэтому течение газа будет турбулентным. Турбулентное течение газа описывается уравнениями Рейнольдса.

Для нашего случая турбулентного нестационарного плоского течения вязкого несжимаемого газа уравнения Рейнольдса запишутся в следующем виде:

$$\rho \left\{ \frac{\partial U}{\partial t} + U \cdot \frac{\partial U}{\partial x} + V \cdot \frac{\partial U}{\partial y} \right\} = \rho \cdot F - \frac{\partial P}{\partial x} + (\mu + Ar) \cdot \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

$$\rho \left\{ \frac{\partial V}{\partial t} + U \cdot \frac{\partial V}{\partial x} + V \cdot \frac{\partial V}{\partial y} \right\} = -\frac{\partial P}{\partial y} + (\mu + Ar) \cdot \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

Уравнение неразрывности имеет вид

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

Так как течение газа является изотермическим, то динамическая вязкость газа μ постоянна. С помощью параметра F в уравнении (1) учитывается влияние стержней на течение газа. При численном решении задачи для каждого стержня значение F определялось выражением:

$$F = -\frac{W}{\rho \cdot \Delta x \cdot \Delta y}. \quad (4)$$

По своему физическому смыслу W – сила сопротивления течению газа со стороны каждого стержня. W определялась формулой [3]:

$$W = C_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot d. \quad (5)$$

Коэффициент турбулентной вязкости Ar принимается постоянным [4].

В начальный момент времени газ покоится. Составляющие вектора скорости, $V = 0$, $U = 0$, давление $P = \text{const}$ по всему пространству.

Областью расчета течения газа сквозь решетки стержней является прямоугольная область, включающая несколько стержней каждой решетки каждой кассеты. Область интегрирования уравнений (1) – (3) имеет открытые границы типа жидкость–жидкость. На границе области расчета, перед решетками стержней, составляющая вектора скорости U набегающего газа на кассеты растет от нуля до постоянного заданного значения U_n , составляющая V всегда равна нулю.

На границе области расчета за решетками стержней задаются условия:

$$\frac{\partial U}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial V}{\partial x} = 0. \quad (6)$$

На границах области расчета параллельных скорости набегающего потока задаются условия:

$$\frac{\partial U}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial V}{\partial x} = 0. \quad (7)$$

При решении задачи используется разнесенная сетка. Составляющие вектора скорости U задаются в точках $(I, J+0,5)$, составляющие вектора скорости V в точках $(1+0,5, J)$, давление P и сила F задаются в точках $(1+0,5, J+0,5)$. Использование разнесенной сетки дает возможность связать значения U , V и P в соседних точках, и позволяет избежать появления осцилляций в решении для P .

Дискретизация частных производных по пространству в уравнениях (1) – (3) проведена по трехточечной симметричной схеме, а частных производных по времени разностями вперед. На каждом шаге по времени решается уравнение Пуассона для определения поля давления. Из разностных аналогов уравнений (1) и (2) вычисляются значения составляющих векторов скоростей U и V на $(n+1)$ шаге по времени для всех точек расчетной области. Поскольку формулы для определения U и V являются явными, то имеется условие на максимальный шаг по времени, связанное с устойчивостью решения [5]:

$$0,25 \left(|U| + |V| \right)^2 \cdot \Delta t \cdot \text{Re} \leq 1; \quad \frac{\Delta t}{\text{Re} \cdot \Delta x^2} \leq 0,25. \quad (8)$$

Список обозначений

ρ – плотность газа (кг/м^3);

V – составляющая вектора осредненной скорости течения газа направленная вдоль оси x (м/с);

U – составляющая вектора осредненной скорости течения газа направленная вдоль оси y (м/с);

P – давление газа (Па);

μ – коэффициент динамической вязкости газа ($\text{Па}\cdot\text{с}$);

Ar – коэффициент турбулентной вязкости газа ($\text{Па}\cdot\text{с}$);

t – время (с);

C_w – коэффициент сопротивления цилиндра;

d – диаметр цилиндра (м);

Δx – шаг по разностной сетке вдоль оси x (м);

Δy – шаг по разностной сетке вдоль оси y (м);

Δt – шаг по времени (сек).

Шаг по разностной сетке $\Delta x = \Delta y$. Расчет проведен для двух различных электроразрядных устройств. Первое устройство состоит из одной электроразрядной кассеты с диаметром стержней в первой решетке $d_1=0,01$ м и диаметром стержней во второй решетке $d_2 = 0,015$ м. Расстояние между осями стержней в решетке 0,024 м, расстояние между решетками 0,018 м. Стержни (электроды) первой решетки по отношению к стержням (электродам) второй решетки расположены в шахматном порядке. На рис.2 показаны изменения средней объемной силы сопротивления течению газа со стороны стержней F и перепада давления газа ΔP на электроразрядной кассете при различных скоростях набегающего потока V_H . Как видно из рис. 2, при увеличении скорости набегающего потока газа, вместе с ростом сопротивления течению газа со стороны стержней, растет и перепад давления на электроразрядной кассете.

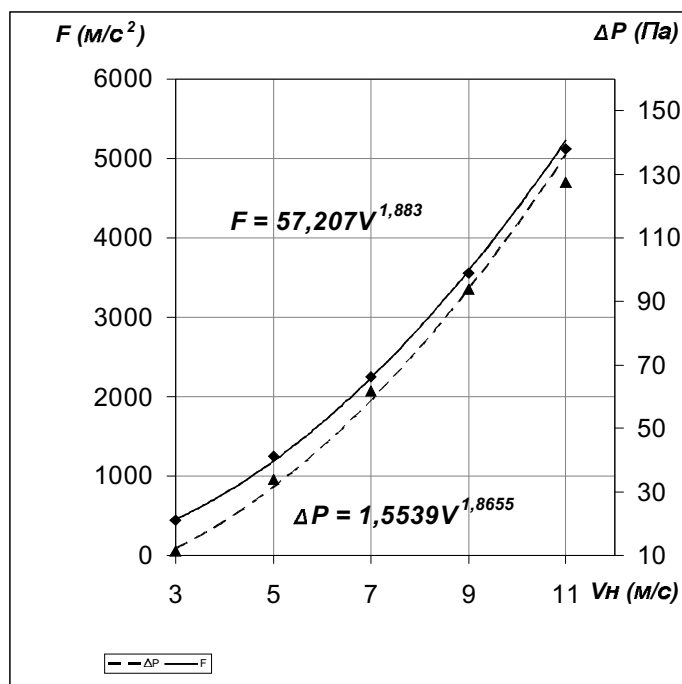


Рис. 2 – Изменения средней объемной силы сопротивления течению газа со стороны стержней и перепада давления газа на электроразрядной кассете при различных скоростях набегающего потока

Второе устройство состоит из электроразрядной кассеты, в которой стержни (электроды) расположены в двух параллельных плоскостях. Стержни (электроды) в каждой плоскости находятся друг за другом на расстоянии $h = 0,024$ м, диаметр всех стержней $d = 0,01$ м, расстояние между осями стержней в решетках 0,036 м.

На рис.3 показаны изменения средней объемной силы сопротивления течению газа со стороны стержней F и среднего перепада давления на устройстве ΔP в зависимости от расстояния h между плоскостями стержней (электродов) в устройстве, скорость набегающего потока для всех h равна $V_H = 7$ м/с. Как видно из рис.3, средняя объемная сила F при малых h быстро растет, при больших h растет медленней.

Это объясняется тем, что при малых h стержни второй плоскости по течению газа находятся в аэродинамической тени стержней первой плоскости. Скорость набегающего потока на них мала, а это приводит к малым сопротивлениям течению газа со стороны стержней второй плоскости. При больших h стержни второй плоскости начинают выходить из аэродинамической тени, скорость набегающего газа на них растет, увеличивается и сила сопротивления течению газа. С ростом h влияние стержней первой плоскости на течение газа через стержни второй плоскости уменьшается, что приводит к слабому увеличению F . Течение газа от стержней первой плоскости до стержней второй плоскости успевает стабилизироваться и при больших h можно не учитывать влияние стержней первой плоскости на течение газа через стержни второй плоскости. В соответствии с ростом F увеличивается и перепад давления ΔP .

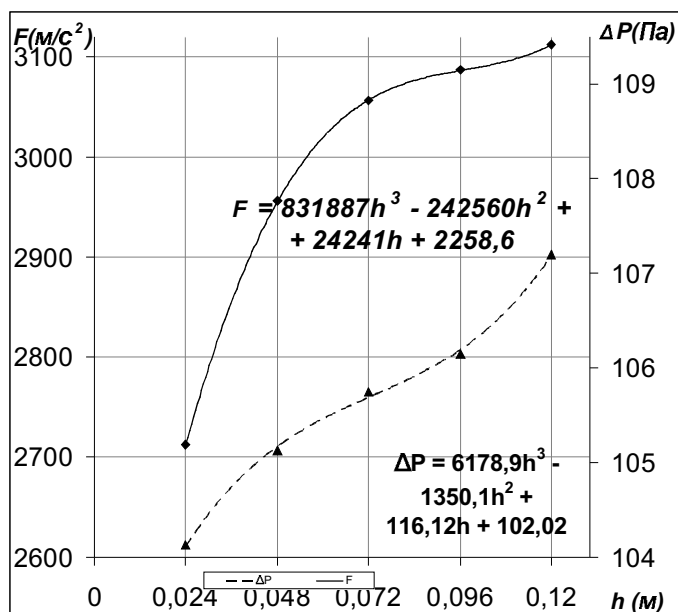


Рис. 3 – Изменения средней объемной силы сопротивления течению газа со стороны стержней и среднего перепада давления на устройстве в зависимости от расстояния между плоскостями стержней (электродов) в устройстве

Параметры течения газа, получаемые при расчете по разработанной методике, позволяют выбрать оптимальный вариант электроразрядного устройства по обезвреживанию вентиляционных выбросов.

В настоящее время в рамках выполнения научно-технической программы Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» на 2010-2012 годы научными сотрудниками ООО «Научно-практическая фирма «Интэкос» (Санкт-Петербург, РФ) и РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (Минск, РБ) разработана технология и опытный образец оборудования для очистки дурнопахнущих вентиляционных выбросов при производстве сухих животных кормов (мясокостной муки) из отходов продуктов убоя и кости. Внедрение данной технологии и оборудования запланировано на ОАО «Глубокский мясокомбинат» (Республика Беларусь) в конце 2012 года.

Література

1. Полак Л.С., Соловецкий Д.И. Низкотемпературная плазма. Химия плазмы. –Новосибирск, 1991.
2. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. Справочное пособие. –М.: Энергоиздат, 1990.
3. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. –М.: Наука, 1973.
4. Рейнольдс А. ДЖ. Турбулентные течения в инженерных приложениях. –М.: Энергия, 1979. –С. 23.
5. К. Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей. –М.: Мир, 1991. Т.2. –С. 394.

УДК 615.012.014

КІНЕТИКА ТА СТАТИКА ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ З ВІДХОДІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Терзієв С.Г., канд. техн. наук, асистент, Ружицька Н.В., аспірант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Бандура В.М., канд. техн. наук, доцент, Коляновська Л.М., аспірант
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

У статті наведено дані дослідження процесу екстрагування олії з ріпаку «Чемпіон» і сої сорту «Вінничанка» та шламів кави розчинниками *n*-гексаном та спиртом, різної фракції з цілого зерна та зі жмиху.