

Активное вентилирование, температурный градиент, сушильный агент, граничные условия, критерии подобия, дифференциальные уравнения, тепло- и влагообмен, СВЧ-активация, критериальные уравнения.

It is received criteria equations for calculation of duration of grain drying in thick layer to final humidity at constant air speed. It is given full system of criteria equations which describe process of warm moisture exchange in grain layer at superhigh frequency of activation and active ventilation.

Active aeration, temperature gradient, drying agent, boundary conditions, criteria of similarity, differential equations, warm and moisture exchange, superhigh frequency activation, criteria equations.

УДК 533:621.044:62-63/64

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕСС ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ГОРЕНИЯ ЖИДКИХ КОМПОЗИТНЫХ БИОТОПЛИВ

**Ю.А. КОЖЕВНИКОВ, В.Г. ЧИРКОВ, кандидаты технических наук
Ю.М. ЕГОРОВ, В.Г. НИКОЛАЕВ, инженеры
Ю.М. ЩЕКОЧИХИН, доктор химических наук
ФГБНУ «Всероссийский институт электрификации сельского
хозяйства», г. Москва**

Рассмотрен вопрос оптимального расположения СВЧ-излучателей в топочной камере при сжигании композитных биотоплив. Учитываются физические процессы взаимодействия плазменного факела с внешним магнитным полем. Предложены решения по разработке конструкции плазменной горелки.

Магнитное поле, плазмохимические реакции, композитные биотоплива, геометрия тороидального сердечника, окружности Вилларсо, конструкция горелки.

Для сжигания композитных биотоплив и ускорения химических реакций в топочной камере использовалось внешнее магнитное поле индукционных силовых катушек в форме тора. Магнитное поле индукционных силовых катушек в форме тора носит ярко выраженный вихревой характер. Проведено более детальное исследование процессов электродинамики и электромагнитного поля индукционных силовых катушек в форме тора на базе уравнений и теорем математической физики.

В результате получены уравнения, которые и составляют основу дальнейшего описания физико-химических процессов, протекающих в

© Ю.А. КОЖЕВНИКОВ, В.Г. ЧИРКОВ, Ю.М. ЕГОРОВ,
В.Г. НИКОЛАЕВ, Ю.М. ЩЕКОЧИХИН, 2015

топочной камере котла для эффективного сжигания биотопливных смесей при воздействии внешних магнитных полей тороидальной катушки.

При проведении испытаний по сжиганию композитных биотопливных дисперсных топливных смесей в условиях одновременного воздействия электромагнитного СВЧ–поля и ультразвуковой кавитации на процесс горения было установлено, что в определенных условиях [3, 7, 8], особенно при большом содержании водной фракции, имеет место нестабильность горения дисперсной среды [3, 6], что не позволяет оптимизировать процесс при увеличении скорости потока и повысить КПД тепловой установки в целом [3, 8].

Цель исследований – изучение влияния магнитного поля на процесс плазмохимического горения жидких композитных биотоплив.

Материалы и методика исследований. Для оптимизации необходимо более детально исследовать механизмы воздействия магнитного поля на топливные смеси на всех этапах процесса, включая не только стадию непосредственного сжигания, но и стадию формирования струи перед подачей ее в топочное устройство. В этой связи рассматриваются два подхода формирования магнитного поля требуемой конфигурации.

В нашей системе изначально присутствуют два типа волн:

- ультразвуковые волны в топливной смеси, подаваемой через форсунку в камеру горения;
- электромагнитные волны СВЧ, излучаемые плазмотронами и воздействующие на частицы топливной смеси.

Результаты исследований.

Плазма в топочной камере. Плазмой принято считать особое агрегатное состояние вещества, в котором оно представляет собой частично или полностью ионизованный газ. От обычного газа плазму отличает то, что она содержит достаточно большую концентрацию заряженных частиц – электронов и ионов, движение которых создают магнитные поля, и обратно, магнитные поля влияют на движение заряженных частиц.

На наличие электрических зарядов в пламени указал Томсон, который утверждал следующее: *«электрическое поле может быть использовано для интенсификации процессов горения».*

Наличие в пространстве топочной камеры внешнего магнитного поля обеспечивает дополнительное воздействие на движущиеся заряды, прежде всего на электроны, которые приобретая энергию в СВЧ–поле, способны к образованию активных радикалов, инициирующих разветвленно-цепные реакции. При этом создаются благоприятные условия для быстрого и полного сгорания композитных биотопливных эмульсий и суспензий.

Создание внешнего магнитного поля плазмы.

Известно, что самое сильное магнитное поле создает тороидальная система проводника, по которой течет электрический ток.

Тороидальная поверхность – это поверхность вращения, получаемая вращением образующей окружности вокруг оси, лежащей в плоскости этой

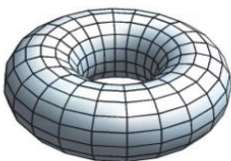


Рис.1. Тор

окружности (рис. 1). Уравнение тора с расстоянием от центра образующей окружности до оси вращения R и радиусом образующей окружности r имеет следующий вид в прямоугольной системе координат:

$$(x^2 + y^2 + z^2 + R^2 - r^2)^2 - 4R^2(x^2 + y^2) = 0 \quad (1)$$

Это уравнение содержит четвертую степень координат и, следовательно, тор является поверхностью четвертого порядка.

Площадь поверхности тора

$$S = 4\pi^2 Rr. \quad (2)$$

Объем тела, ограничиваемого тором,

$$V = 2\pi^2 Rr^2. \quad (3)$$

При сечении тора бикасательной плоскостью, получается кривая четвертого порядка, а кривая пересечения представляет собой объединение двух окружностей, называемых окружностями Вилларсо (рис. 2).

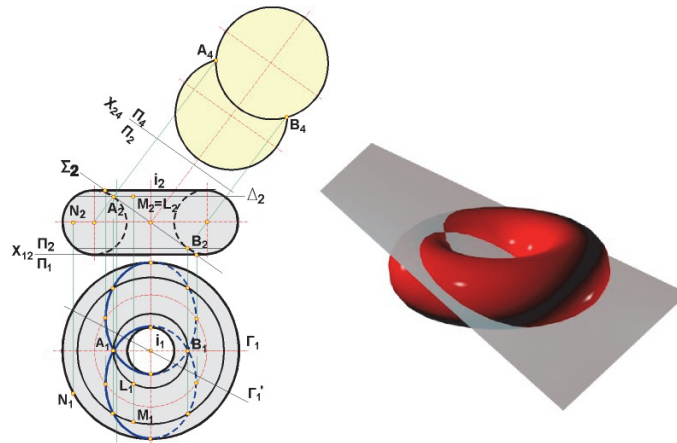


Рис.2. Окружности Вилларсо

Параметрическое уравнение тора с расстоянием от центра образующей окружности до оси вращения R и радиусом образующей окружности r может быть задано в виде:

$$\begin{cases} x(\varphi, \psi) = (R + r \cos \varphi) \cos \psi \\ y(\varphi, \psi) = (R + r \cos \varphi) \sin \psi \\ z(\varphi, \psi) = r \sin \varphi \end{cases} \quad \varphi, \psi \in [0; 2\pi) \quad (4)$$

Параметрическое уравнение тора $R=2, r=1$:

$$\text{Tor}(u, v) := \begin{bmatrix} (2 + \cos(u)) \cdot \cos(v) \\ (2 + \cos(u)) \cdot \sin(v) \\ \sin(u) \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\text{Vil}(t) := \begin{pmatrix} 2 \cdot \cos(t) + 1 \\ \sqrt{2^2 - 1^2} \cdot \sin(t) \\ 1 \cdot \sin(t) \end{pmatrix} \quad (6)$$

Проведено исследование свойств тора: как необходимо расположить СВЧ-плазмотроны (свечи для поджига) и какие должны быть у них параметры, чтобы обеспечить максимальную скорость образования свободных радикалов. При этом выяснено, что установить

СВЧ–плазмотроны необходимо так, чтобы поджиг топливной смеси осуществлялся в плоскости окружностей Вилларсо.

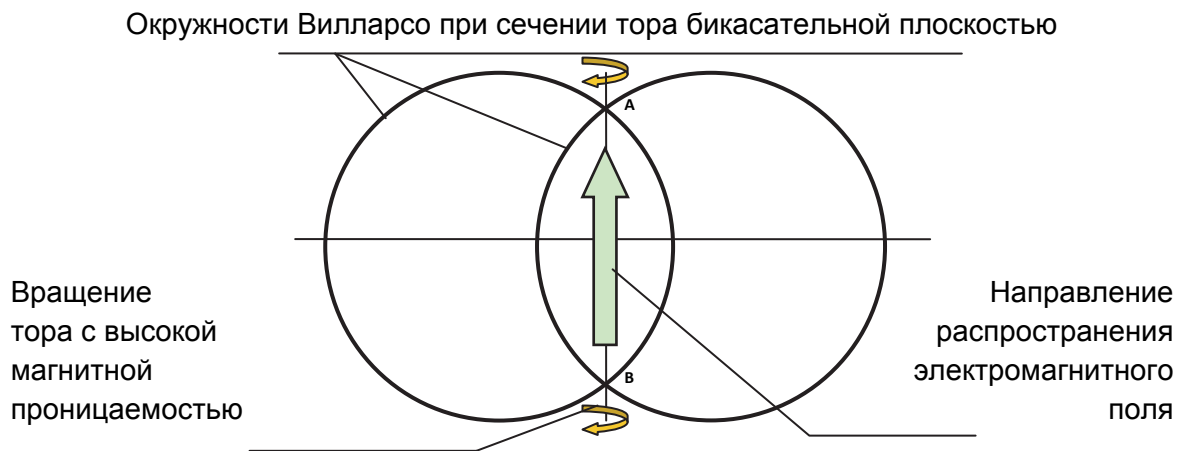


Рис. 3. Принцип наложения длинноволновой составляющей на коротковолновое (СВЧ) электромагнитное излучение

На рис. 3 показано как можно использовать сечение тора для наложения (без искажений) СВЧ–волн в топочной камере.

Конструкция горелки. В предлагаемой конструкции топочной камеры с СВЧ–плазмотронами в отличие от существующих технических решений предлагается применить следующее (рис. 4).

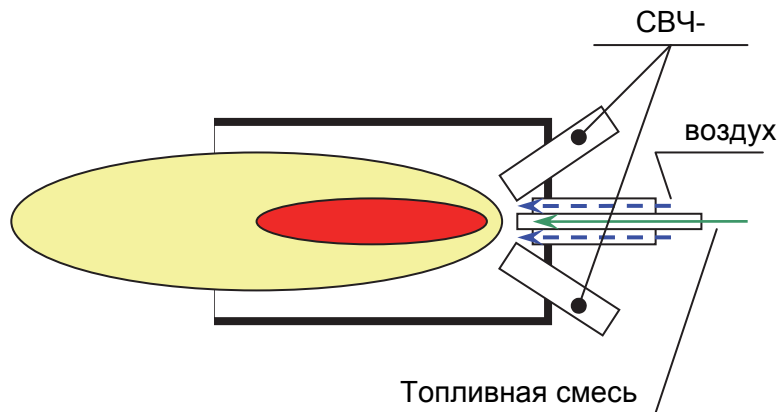


Рис. 4. Схема конструкции и горение в топочной камере

СВЧ–плазмотроны расположены под наклоном 30° к оси симметрии форсунки по плоскостям окружностей Вилларсо.

Для подавления процесса амбиполярной диффузии заряженных частиц в топочной камере установлен внутренний экран (рис.5).

Приведем оценочный расчет геометрии топочной камеры. Предполагаем, что мощность теплового потока на паровую турбину прямо пропорциональна проводимости и температуре ионизированного газа, квадрату скорости газового потока и квадрату напряженности

внешнего магнитного поля, воздействующего на факел в топочной камере. В общем виде это выразится следующей зависимостью:

$$P \sim \lambda V^2 H^2, \quad (7)$$

где P – мощность теплового потока, Вт; λ – проводимость вещества; V – скорость потока, м/с; H – напряженность магнитного поля, А/м; T – температура, К.

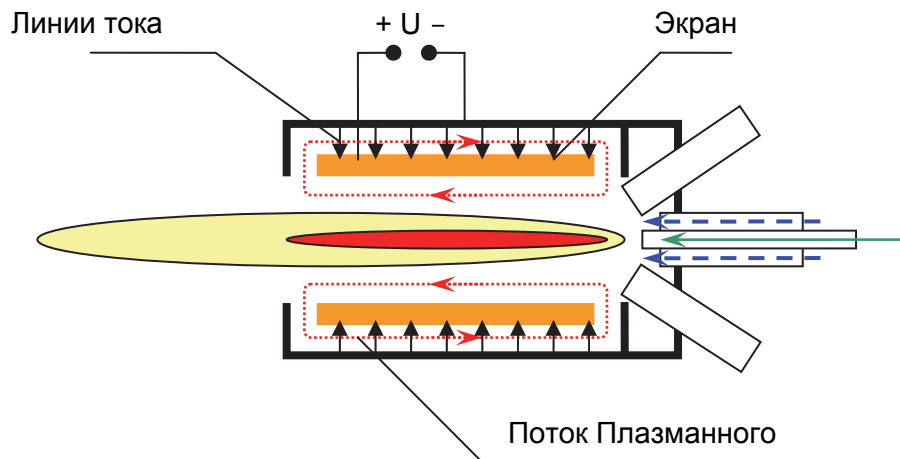


Рис. 5. Схема конструкции и горение в камере с внутренним экраном

При работе СВЧ–плазмотронов на частоте 2,45 МГц имеем длину волны в 12,245 см, т.к.

$$\lambda = c/f, \quad (8)$$

где $c = 300\,000$ км/с – скорость света; f – частота электромагнитного поля, Гц, λ – длина волны, м.

Отсюда можно определить параметры некоторых элементов конструкции. Внутренний диаметр экрана должен быть больше 12,45 см.

Высота цилиндра, используемого в качестве экрана должна быть более $12,245 \times 1,5 = 18,37$ см.

Зазор между внутренней стенкой камеры сгорания и внешней стенкой цилиндра должен быть меньше 6,22 см.

Выполнение пунктов 1 и 2 обуславливает беспрепятственное распространение СВЧ–поля непосредственно в области воспламенения. Выполнение п.3 обеспечивает нераспространение переменного СВЧ–поля в пространстве между внутренней стенкой топочной камеры и внешней стенкой экрана.

На рис. 6 показана конструкция топочной камеры с применением внешнего магнитного поля.

Выводы. В результате проведенных исследований выяснено, что СВЧ–плазмотроны необходимо устанавливать так, чтобы поджиг топливной смеси осуществлялся в плоскости окружностей Вилларсо. Рассмотрены физические процессы взаимодействия плазменного факела с внешним магнитным полем, что позволило разработать конструкцию плазменной горелки.

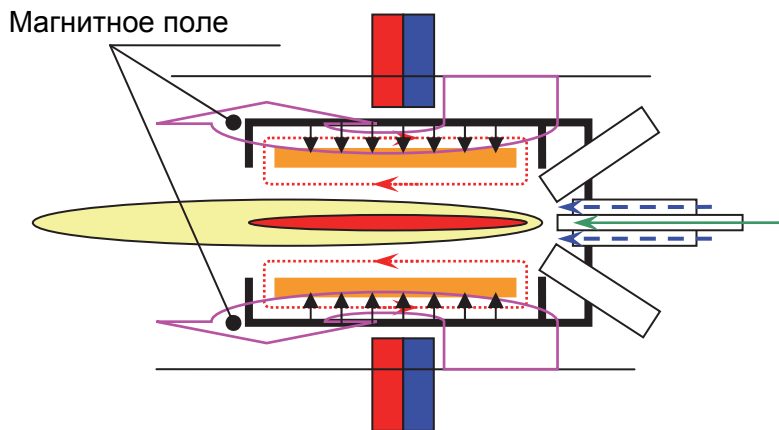


Рис. 6. Схема конструкции и горение в камере с внутренним экраном в присутствии постоянного магнита

Список литературы

1. Блинов В.И. Диффузионное горение жидкостей / В.И. Блинов, Г.Н. Худяков. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 210 с.
2. Волков А.Н. Сжигание газов и жидкого топлива в котлах малой мощности / А.Н. Волков. – Л.: Недра, 1989. – 160 с.
3. Кожевников Ю.А. Исследование воздействия электромагнитного СВЧ-поля и ультразвуковой кавитации на концентрацию сероорганических соединений в котельных топливах / Кожевников Ю.А. и др. // Тр. 8-ой Междунар. науч.-техн. конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», 16-17 мая 2012 г., Москва. Ч.4. Возобновляемые источники энергии. Энергоресурсы. Экология. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. – С. 217–225.
4. Лавров Н.В. Введение в теорию горения и газификации топлива / Н.В. Лавров, А.П. Шурыгин. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 216 с.
5. Мак–Таггарт Ф. Плазмохимические реакции в электрических разрядах / Ф. Мак–Таггарт. – М.: Атомиздат, 1972. – 256 с.
6. Основы практической теории горения / [Померанцев В.В., Арефьев К.М., Ахмедов Д.Б. и др.]. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 312 с.
7. Пат. №117579 Российская Федерация. Гибридная ультразвуковая горелка СВЧ-поджигом для низкокалорийных, жидких эмульсионных и суспензионных топлив / Кожевников Ю.А., Сербин В.В., Егоров Ю.М., Чирков В.Г., Сербина Е.В., Кожевникова Д.А., Росс М.Ю., Эфендиева Л.Г.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВИЭСХ. – № 2011153581/06; заявл. 28.12.11; опубл. 27.06.12, Бюл. №18.
8. Пат. №133433 Российская Федерация. Установка электромагнитной обработки водо-топливных смесей / Столбов Н.В., Прокудин Ю.А., Зиновьев А.В., Емельянцева С.В., Щекочихин Ю.М., Кожевников Ю.А., Чирков В.Г., Чирков С.В., Чижиков А.Г., Росс М.Ю.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВИЭСХ. – № 2013123103/05; заявл. 21.05.13; опубл. 20.10.13, Бюл. №14.

Розглянуто питання оптимального розташування НВЧ-випромінювачів в топковій камері при спалюванні композитних біопалив. Враховуються фізичні процеси взаємодії плазмового факела з зовнішнім магнітним полем. Запропоновано рішення з розробки конструкції плазмового пальника.

Магнітне поле, плазмохімічні реакції, композитні біопалива, геометрія тороїдального осердя, коло Вілларсо, конструкція пальника.

In the article the question of the optimal location of plasma microwave emitters in the combustion chamber for burning composite biofuels. Taking into account the physical processes of interaction of plasma particles with an external magnetic field. Based on the above proposed solutions for designing the plasma torch.

Magnetic field, the plasma particles, recommendations Thomson magnetic field, frozen toroidal core geometry, circle Willarso, burner design, power generator.

УДК 631.3

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ДОИЛЬНЫЙ АППАРАТ С ПОЧЕТВЕРТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПРОЦЕССОМ ДОЕНИЯ

©Ю.А. ЦОЙ, доктор технических наук, чл.-корр. РАН

В.В. КИРСАНОВ, доктор технических наук

Д.Ю. ПАВКИН, аспирант*

ФГБНУ «Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства», г. Москва

Приведены методы и направления исследований процессов и физических закономерностей функционирования сложных биотехнических систем «человек- машина- животное» в условиях высокой вариабильности морфологических и лактогенетических признаков биологических объектов при машинном доении коров. Рассмотрены условия физиологически безопасного процесса доения по отдельным четвертям вымени. Предложена структурная схема адаптивного доильного аппарата.

Биотехническая система, адаптивный доильный аппарат, почетвертное доение, управление доением, схема.

Фундаментальной научной проблемой (целью) машинного доения коров является исследование морфологических и лактогенетических признаков биологических объектов, включающих точное физиологически адекватное взаимодействие исполнительных механизмов (вакуумных доильных аппаратов) с выменем животных с целью более полной реализации их генетического потенциала на основе исследования и оптимизации электрофизических методов стимуляции рефлекса

© Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Ю.А. Цой
©Ю.А. ЦОЙ, В.В. КИРСАНОВ, Д.Ю. ПАВКИН, 2015