

traditional actuator to move the mixture in the horizontal plane, resulting in saving of electrical energy while maintaining the overall accuracy of the weighing process and performance meter mass of granular mixtures in a flow.

Angle surface movement, granular mixture, weigh-in thread.

УДК 631.563.2

МОДЕЛЬ НВЧ–АКТИВАЦІЇ І СУШІННЯ ЗЕРНА АКТИВНИМ ВЕНТИЛЮВАННЯМ

С.Г. БІЛИК, В.Я. БУНЬКО, І.В. КАЛИНІЙ,
кандидати технічних наук

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

Отримано критеріальне рівняння для розрахунку тривалості сушіння зерна в товстому шарі до кінцевої вологості при постійній швидкості повітря. Наведено повну систему критеріальних рівнянь, які описують процес тепло–і вологообміну в зерновому шарі при НВЧ–активації та активному вентиляванні.

Активне вентилявання, температурний градієнт, сушильний агент, граничні умови, критерії подібності, диференціальні рівняння, тепло- і вологообмін, НВЧ–активація, критеріальне рівняння.

Під час збирання врожаю ми отримуємо зерно з надлишковим вмістом вологи. Вологе зерно не підлягає тривалому зберіганню, оскільки швидко псується. Своєчасно і правильно проведена процедура сушіння не лише підвищує стійкість зерна при зберіганні, але і сприяє покращенню його якості, прискоренню дозрівання зерна, вирівнюванню зернової маси за вмістом вологи (на рівні кондиційного значення) і міри зрілості (на рівні повної стиглості), поліпшенню кольору і зовнішнього вигляду, призупиненню життєдіяльності мікроорганізмів і шкідників.

Результати досліджень, пов'язані з впливом електромагнітного НВЧ– поля на матеріал дослідження проходження зерна через активну зону, умови для рівномірної обробки зерна в НВЧ–активній зоні апарата, процес тепло–вологообміну в зерновому шарі при НВЧ–активації та активному вентиляванні викладені у багатьох працях [2,3,8], однак існує чимало питань, що потребують детальнішого опрацювання і вивчення.

Мета досліджень – отримання критеріальної моделі НВЧ–активації і сушіння зерна активним вентиляванням, яка дозволяє оцінити ефективність використання НВЧ–поля на підвищення інтенсивності сушіння.

Матеріали та методика досліджень. Під час вивчення різних теплофізичних явищ поряд з аналітичним рішенням велике значення мають і узагальнені емпіричні закономірності. Теорія подібності і моделювання

© С.Г. БІЛИК, В.Я. БУНЬКО,
І.В. КАЛИНІЙ, 2015

дозволяє доповнити експериментальні методи узагальнення одиночних дослідів. Теорія подібності як вчення про методи наукового узагальнення базується на широкому експериментальному матеріалі, який узагальнюється за допомогою диференціальних і інтегральних рівнянь. Цей метод широко використовується при аналізі процесів сушіння.

Результати досліджень. Як впливає із технології сушіння зерна активним вентиляванням, зерно в установці може знаходитися в декількох станах і піддаватися дії декількох факторів.

Ф1. Зерно після попереднього очищення піддається сушінню активним вентиляванням;

Ф2. Зерно після попереднього очищення піддається дії НВЧ–поля без конвективного сушіння.

Ф3. Зерно після попереднього очищення піддається спільній дії НВЧ– поля і конвективного сушіння.

Ф4. Зерно після виконання над ним дій за Ф2. піддається сушінню активним вентиляванням.

Ф5. Зерно після виконання над ним дій за Ф3. піддається сушінню активним вентиляванням.

Ф6. Зерно після підсушування активним вентиляванням піддається активізації НВЧ–випромінюванням.

Ф7. Зерно після підсушування активним вентиляванням піддається НВЧ–активізації з конвективним сушінням.

Під час опису процесу конвективного сушіння шару зерна, як правило, приймають такі допущення:

- волога в зерні знаходиться в рідкому стані;
- випаровування вологи із зерна проводиться за законом Дальтона;
- тепло- і вологообмін відбувається тільки між сушильним агентом і зерном;
- температурний градієнт всередині окремих зерен малий і ним можна знехтувати;
- теплообмін між сушильним агентом і зерном здійснюється шляхом конвекції.

Такий схемі тепло- і вологообміну відповідає система диференціальних рівнянь:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} - 3600V \frac{\partial t}{\partial x} = - \frac{\gamma_n \cdot c_{n2}}{\gamma_n \cdot c_n \cdot \varepsilon} \cdot \frac{\partial \theta}{\partial \tau} - \frac{\gamma_n \cdot r^f}{\gamma_n \cdot c_n \cdot \varepsilon} \cdot \frac{\partial W}{\partial \tau}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = - \frac{\gamma_n \cdot \varepsilon}{10 \gamma_n} \left(\frac{\partial D}{\partial \tau} + 3600V \frac{\partial D}{\partial x} \right); \quad (2)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + 3600V \frac{\partial t}{\partial x} = - \frac{\alpha S_v}{\gamma_n \cdot c_n \cdot \varepsilon} (t - \theta); \quad (3)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = \frac{\beta S_v}{\gamma_n} (p_{\text{в}} - p_n). \quad (4)$$

Рівняння (1) відображає закон збереження енергії в процесі сушіння. Тепло, яке передане підігрітим повітрям, витрачається на нагрівання зерна і випаровування вологи. Рівняння (2) відображає закон збереження матерії. Рівняння (3) і (4) – закони теплообміну і вологообміну відповідно.

У цих рівняннях t – температура агента сушіння, $^{\circ}\text{C}$; d – вологовміст сушильного агента, г/кг; W – вологість зерна, %; Θ – температура зерна, $^{\circ}\text{C}$; V – швидкість агента сушіння, м/с; c_n, c_3 – теплоємність повітря і зерна, $\text{кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$; ε – пористість зернового шару; S_v – питома поверхня зерен, $1/\text{м}$; r' – скрита теплота пароутворення води, кДж/кг ; α – коефіцієнт тепловіддачі, $\text{кДж/кг}\cdot\text{с}\cdot^{\circ}\text{C}$; γ_3 – питома вага зерна, кг/м^3 ; γ_n – питома вага повітря, кг/м^3 ; P_3 – тиск водяної пари в зернівці, Па; P_n – тиск водяної пари в повітрі, Па.

При граничних умовах:

$$\begin{aligned} W(0, x) &= W_n; D(\tau, 0) = D_n; \\ \Theta(0, x) &= \Theta_n; t(\tau, 0) = t_n. \end{aligned}$$

Диференціальні рівняння спільно з початковими і граничними умовами визначають різноманітні критерії подібності, які дають можливість зробити узагальнення одиничних дослідів і використати їх для вивчення інших дослідів [6,7].

Якщо системи диференціальних рівнянь можуть бути вирішені, то теорія подібності і тут дає відповідну користь, що призводить до значного скорочення числа незалежних змінних.

У теорії подібності існує декілька способів визначення критеріїв. Використаємо спосіб приведення рівнянь фізичного процесу до безрозмірного виду [4]. Він заснований на відомій властивості фізичних рівнянь, яка полягає в тому, що всі члени рівняння фізичного процесу мають однакові розмірності відносно основних одиниць вимірювання. Розглянутий спосіб застосовується не тільки до алгебраїчних, але і до диференціальних і інтегральних рівнянь, оскільки операції диференціювання та інтегрування не впливають на однорідність рівняння. Наявність у рівняннях неоднорідних функцій не впливає на однорідність рівняння в цілому, оскільки відносно розмірних членів рівняння неоднорідні функції являють собою безрозмірні коефіцієнти. Рівняння після ділення на будь-який із його членів приводиться до безрозмірного виду. Опустивши символи диференціювання та інтегрування в безрозмірних членах рівняння, отримуємо вирази, які прийнято вважати критеріями подібності.

У загальному випадку рівняння фізичного процесу має вигляд:

$$\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n = \sum_1^n \varphi_i = 0,$$

де $\varphi_i = f(P_1, P_2, \dots, P_m)$ – однорідна функція параметрів елементів системи, а також і параметрів процесу та їх похідних.

При цьому кількість отриманих критеріїв на одиницю менша числа членів рівняння. Форма запису цих критеріїв залежить від того, на який член рівняння діляться всі інші. Цей спосіб називають способом інтегральних аналогів, і формулюється так: «Для визначення основних критеріїв подібності із рівняння, яке містить n членів, в будь-якій із можливих форм запису, необхідно провести ділення членів рівняння на будь-який із них, відкинувши при тому символи диференціювання та

інтегрування, а також неоднорідні функції» Загальна кількість критеріїв K , які знайдені способом інтегральних аналогів, буде:

$$K = (n - 1) + \alpha.$$

Відповідно до викладеного при знаходженні критеріїв подібності символ

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2},$$

де x, y, z – просторові координати, за умови дотримання геометричної подібності може бути замінений на $\frac{1}{l^2}$, l – характерний розмір, у нашому випадку – приведений радіус зернівки R .

Символ $grad$ замінюється відповідно на співвідношення $\frac{1}{l}$, $divgrad$ на $\frac{1}{l^2}$.

В.І. Аніскіним [1] для опису процесу тепловологообміну використано критеріальне рівняння, розроблене на основі системи диференціальних рівнянь, які наведені вище:

$$H_0 = \oint \left(K_0, \sigma_u, Re, \frac{d}{l} \right), \quad (5)$$

де H_0 – критерій гомохронності, характеризує масштабне перетворення часу і являє собою таку залежність:

$$H_0 = \frac{V \tau_B}{l},$$

де τ_B – час сушіння (вентилювання) шару товщиною l з початковою вологістю W_T до вологості W_K повітрям, що рухається зі швидкістю V ; K_0 – критерій Коссовича, який виражає специфічну форму критерію фазового перетворення і характеризує співвідношення між теплом, витраченим на випаровування води, і теплом, витраченим на нагрівання зерна.

$$K_0 = \frac{r \Delta W}{c_3 \Delta \theta},$$

де r – теплота пароутворення, kJ/kg (захована теплота пароутворення);

$$\Delta W = W_n - W_k, \%;$$

c_3 – питома теплоємність зерна, $^{\circ}C \cdot kJ/kg$; $\Delta \theta$ – початковий температурний напір атмосферного повітря ($\Delta \theta = T_n - \theta_n$); T_n – температура повітря, що подається в шар зерна, $^{\circ}C$; θ_n – початкова температура зерна, $^{\circ}C$; σ_u – критерій Гухмана, який характеризує потенціальні можливості повітря як сушильного агента:

$$\sigma_u = \frac{T_c - T_m}{273 + T_c}.$$

де T_c – температура сушильного агента $T_c = T_n$, $^{\circ}C$; T_m – температура адиабатного насичення повітря (покази мокрого термометра), $^{\circ}C$; R_e –

критерій Рейнольдса, який характеризує гідродинамічний режим руху сушильного агента в зерновому шарі:

$$Re = \frac{V d_{np}}{\nu},$$

де d_{np} – приведений діаметр зерна, м; ν – кінематична в'язкість газу, m^2/c ; $\frac{d}{l}$ – критерій параметричного типу.

Із використанням результатів експериментів отримано [1] критеріальне рівняння для розрахунку терміну сушіння зерна в товстому шарі до кінцевої вологості $W_k = 14\%$, при постійній швидкості повітря V_{cp} :

$$H_o = 50,0 \cdot 10^{-5} \cdot K_o^{0,95} \cdot \sigma_u^{-1,9} \cdot Re^{0,31} \cdot \left(\frac{d_{np}}{l}\right)^{-0,07}. \quad (6)$$

Це критеріальне рівняння не описує процеси, які відбуваються в зернівці, коли вона піддається дії НВЧ-поля без конвективного сушіння. Щоб отримати таку залежність, звернемося до систем диференціальних рівнянь.

Використаємо метод інтегральних аналогів для визначення інтегральних виразів.

$$\begin{cases} \frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \alpha \nabla^2 \theta + \frac{Q_{пит}}{c \cdot \rho} \\ \frac{\partial P}{\partial \tau} = \alpha_p \nabla^2 P. \end{cases} \quad (7)$$

У першому рівнянні системи (7) розділимо кожен член правої і лівої частин рівняння на $\frac{a}{R^2}$, у результаті отримаємо:

$$\frac{R^2}{\alpha \cdot \tau} = \frac{1}{F_o}.$$

де F_o – критерій Фур'є, використовується для опису однорідності процесів у часі.

$\frac{P_{пит} \cdot R^2}{\alpha \cdot \rho \cdot c} = P_o$ – критерій Померанцева.

Аналогічні дії з другим рівнянням системи (7) дає конвективний критерій Фур'є $F_{op} = \frac{\alpha_p \cdot \tau}{R^2}$. Таким чином, активація зернового шару в НВЧ-активній зоні може бути описана таким виразом:

$$F_o = \Phi(P_o, F_{op})$$

або

$$F_o = K_1 P_o^{x_1} F_{op}^{y_1}, \quad (8)$$

де K_1, x_1, y_1 визначають експериментально.

Після припинення НВЧ-дії, стан зернового шару може бути описаний тільки двома критеріями F_o і F_{op} :

$$F_{opr} = K_2 F_o^{z_1}. \quad (9)$$

де $F_{opr} = \frac{\alpha_{pr} \tau}{R^2}$; z_1 – показник степеня; α_{pr} – показник степеня конвективного теплообміну при релаксації тиску.

Метою використання НВЧ–активної зони в процесі активного вентилявання зерна є інтенсифікація процесу сушіння.

Тому зразу після НВЧ–активації зерно необхідно піддати активному вентиляванню.

$$\begin{cases} \frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \alpha \cdot \nabla^2 \theta \\ \frac{\partial P}{\partial \tau} = \alpha_p \cdot \nabla^2 P \end{cases} \quad (10)$$

Відповідно, система рівнянь(10) і критеріальне рівняння (9) описують стан зернового шару протягом дуже малого проміжку часу поки зерновий шар не вийшов із зони дії магнетрона і не став просипатися в бункер активного вентилявання. В процесі руху зернового шару із активної зони в зону активного вентилявання воно вже обдувається повітрям, тому в системі рівнянь повинні бути присутні вирази для конвективного сушіння зерна.

Виходячи із викладеного, повна система критеріальних рівнянь, які описують процес тепловологообміну в зерновому шарі при НВЧ–активації та активному вентиляванні, буде виглядати так:

$$\begin{cases} F_o = K_1 P_o^{x_1} F_{op}^{y_1}; & (11.1) \\ F_{opr} = K_2 F_o^{z_1}; & (11.2) \\ H_o = K_3 \sigma_u^{x_2} Re^{y_2} F_{opr}^{z_2}; & (11.3) \\ H_o = K_4 K_c^{x_3} \sigma_u^{x_4} Re^{y_3} \left(\frac{d}{l}\right)^{y_4} F_{opr}^{z_3}; & (11.4) \\ H_o = K_5 K_o^{x_5} \sigma_u^{x_6} Re^{y_5} \left(\frac{d}{l}\right)^{y_6}. & (11.5) \end{cases}$$

Рівняння (11.1) описує процес активації зерна в НВЧ–зоні. Рівняння (11.2) описує короткотерміновий процес переходу всередині активної зони за межі границь дії НВЧ–поля. Рівняння (11.3) описує зміни стану зернового шару на шляху активної зони в бункер активного вентилявання. Вираз (11.4) описує процес сушіння НВЧ–активованого зерна в бункері активного вентилявання. Рівняння (11.5) описує процес сушіння зерна активним вентиляванням після вирівнювання температури зернівки.

Оскільки процеси, які описуються рівняннями (11.2) і (11.3), недовготривалі, виключимо їх із рівнянь. Скорочена система критеріальних рівнянь запишеться:

$$\begin{cases} F_o = K_1 P_o^{x_1} F_{op}^{y_1}; \\ H_o = K_4 K_c^{x_3} \sigma_u^{x_4} Re^{y_3} \left(\frac{d}{l}\right)^{y_4} F_{opr}^{z_3}; \\ H_o = K_5 K_o^{x_5} \sigma_u^{x_6} Re^{y_5} \left(\frac{d}{l}\right)^{y_6}. \end{cases} \quad (12)$$

Для експериментального визначення величини коефіцієнтів $K_1, K_4, K_5, x_1, y_1, x_3, x_4, y_3, y_4, x_5, x_6, y_5, y_6$ необхідно таким чином побудувати проведення експериментів, щоб для кожного постійного значення визначаючого критерію знайти достатньо великий ряд значень невизначаючого критерію. Розкриємо всі критерії в рівняннях і визначимо фактори, які необхідно врахувати в експерименті і діапазони їх варіювання.

$$F_o = \frac{\alpha \cdot \tau}{R^2}; F_{op} = \frac{\alpha_p \cdot \tau}{R^2}; F_{opr} = \frac{\alpha_{pr} \tau}{R^2}; P_o = \frac{Q_v R^2}{\lambda \Delta \Theta};$$

$$K_o = \frac{r \cdot \Delta W}{c_s \cdot \Delta \Theta_1}; \sigma_u = \frac{T_c - T_m}{273 + T_c}; Re = \frac{V R d_{np}}{\nu l}.$$

де $\Delta \Theta = T_n - \Theta_{z.c.p.}$; T_n – температура повітря, за якої проводять сушіння зерна активним вентиляванням, °C; $\Theta_{z.c.p.}$ – середня температура зерна після активації; $\Theta_{z.c.p.} = \frac{\Theta_u - \Theta_n}{2}$; l – товщина шару, м.

Перепишемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\alpha \tau}{R^2} = K_1 \left(\frac{Q_v R^2}{\lambda \Delta \Theta} \right)^{x_1} \left(\frac{\alpha_p \cdot \tau}{R^2} \right); \\ \frac{\alpha_{pr} \tau}{R^2} = K_4 \left(\frac{r \cdot \Delta W}{c_s \cdot \Delta \Theta_1} \right)^{x_2} \left(\frac{T_c - T_m}{273 + T_c} \right)^{x_4} \left(\frac{V \cdot R}{\nu} \right)^{y_2} \left(\frac{d_{np}}{l} \right)^{y_4}; \\ \frac{V \tau}{l} = K_5 \cdot \left(\frac{r \Delta W}{c_s \Delta \Theta} \right)^{x_5} \left(\frac{T_c - T_m}{273 + T_c} \right)^{x_6} \left(\frac{V \cdot R}{\nu} \right)^{y_5} \left(\frac{d_{np}}{l} \right)^{y_6}. \end{cases}$$

Методика визначення коефіцієнтів критеріального рівняння передбачає виділення залежного (невизначаючого) критерію. У такому випадку – це F_o і знаходження експериментальним шляхом множини точок залежності цього критерію від одного із визначаючих критеріїв (F_o, F_{op}) при постійності другого визначаючого критерію, тобто при проведенні експерименту для визначення коефіцієнтів для рівняння (11.1), необхідно забезпечити постійність одного із критеріїв (P_o, F_{op}), що неможливо, оскільки $\Delta \Theta = f(\tau) \rightarrow P_o = f(\tau), F_{op} = f(\tau)$.

Тому доречно замінити критеріальне рівняння (11.1) функціональною залежністю такого виду:

$$\Delta \Theta = f(Q_v, W, \tau).$$

Тоді система рівнянь, яка описує зміну температури й вологості зернового шару при НВЧ-активації, сушіння активованого зерна і сушіння зерна активним вентиляванням буде мати вигляд:

$$\begin{cases} \Delta \Theta = f(Q_v, W, \tau); \\ \frac{\alpha_{pr} \tau}{R^2} = K_4 \left(\frac{r \cdot \Delta W}{c_s \cdot \Delta \Theta_1} \right)^{x_2} \left(\frac{T_c - T_m}{273 + T_c} \right)^{x_4} \left(\frac{V \cdot R}{\nu} \right)^{y_2} \left(\frac{d_{np}}{l} \right)^{y_4}; \\ \frac{V \tau}{l} = K_5 \left(\frac{r \cdot \Delta W}{c_s \cdot \Delta \Theta} \right)^{x_5} \left(\frac{T_c - T_m}{273 + T_c} \right)^{x_6} \left(\frac{V \cdot R}{\nu} \right)^{y_5} \left(\frac{d_{np}}{l} \right)^{y_6}. \end{cases}$$

Ця система рівнянь дозволить оцінити дію НВЧ–активації на інтенсивність сушіння зерна в бункерах активного вентилявання. В більшості вона містить якісний характер, але дозволяє порівняно оцінити ефективність використання НВЧ.

Оскільки в системі використовується вираз для однієї із рухомих сил процесу $\Delta\theta = f(Q_v, W, \tau)$, то доцільно експериментально підтвердити його застосування.

Висновки. Отримана критеріальна модель НВЧ–активації і сушіння зерна активним вентиляванням дозволяє оцінити ефективність використання НВЧ–поля на підвищення інтенсивності сушіння зерна активним вентиляванням.

Визначена повна система критеріальних рівнянь, які описують процес тепло–вологообміну в зерновому шарі при НВЧ–активації та активному вентиляванні: описано процес активації зерна в НВЧ–зоні; короткотерміновий процес переходу всередині активної зони за межі границь дії НВЧ–поля; зміни стану зернового шару на шляху активної зони в бункер активного вентилявання; процес сушіння НВЧ–активованого зерна в бункері активного вентилявання; процес сушіння зерна активним вентиляванням після вирівнювання температури зернівки.

Список літератури

- 1.Анискин В.И. Теория и технология сушки и временной консервации зерна активным вентилярованием / В.И. Анискин, В.А. Рыбачук. – М.: Колос, 1972. – 199 с.
- 2.Білик С.Г. Застосування електромагнітного поля надвисокої частоти для процесу сушіння зерна / С.Г. Білик, В.Я. Бунько, А.П. Марисюк // Енергетика і автоматика. – 2013. – №2. – С.5–13.
- 3.Бородин И.Ф. Применение СВЧ-энергии в сельском хозяйстве / Бородин И.Ф., Шарков Г.А., Горин. А.Д. – М.: ВНИИТЭИ агропром, 1987. – 56 с.
- 4.Гухман А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло- массообмена / А.А.Гухман.– М.: Высш.шк., 1967. – 303 с.
- 5.Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. – М.: Колос, 1982. – 239 с.
- 6.Лыков А.В. Исследование процессов сушки в поле высокой частоты / А.В.Лыков, Г.А.Максимов // Тепло- и массообмен в капиллярно-пористых телах. – Л., М.: Госэнергоиздат, 1973. – 535 с.
- 7.ЛыковА.В. Теория тепло- и массопереноса / А.В.Лыков, Ю.А.Михайлов. – Л., М.: Госэнергоиздат, 1973. – 535 с.
- 8.Обґрунтування принципів конвективного сушіння зерна із застосуванням НВЧ-технологій / С.Г. Білик, І.В. Калиній, В.Я. Бунько, А.П. Марисюк // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. Вип.194, ч.1. – С.112–119.

Получено критериальное уравнение для расчета длительности сушки зерна в толстом слое до конечной влажности при постоянной скорости воздуха. Приведена полная система критериальных уравнений, которые описывают процесс тепло– и влагообмена в зерновом слое при СВЧ–активации и активном вентиляровании.

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