

4. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.

5. Штепа В.М. Аналітичне моделювання як об'єкта керування резервуара для змішування стічних вод птицефабрики та гіпохлоритних розчинів отриманих електролізом / В.М. Штепа // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2007. – Вип. 115. – С.109 – 112.

*Разработан алгоритм и синтезированы программное обеспечение для промышленного микроконтроллера дезактивации сточных вод птицеводческих комплексов.*

***Нечеткая логика, гипохлорирование, микроконтроллер.***

*The algorithm and synthesized software for industrial microcontroller decontamination wastewater poultry complexes.*

***Fuzzy logic, hipohloruvannya, microcontroller.***

УДК 621.3.013.8:519.87

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕВОДНЕВОГО ПАЛИВА В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ ВИСОКОЇ НАПРУГИ**

***Б.М. Ковалишин, кандидат технічних наук***

*Наведено результати експериментальних досліджень спалювання пропану і природного газу в повітрі під дією високовольтного пульсуючого нерівномірного електричного поля. Зниження часу нагрівання води на 22 % при частоті 90–120 Гц свідчить про підвищення ефективності спалювання пропану у високовольтному електричному полі. Отримані математичні моделі дають можливість математичної інтерпретації одержаних результатів.*

***Ефективність, спалювання, пропан, природний газ, активація, електричне поле, математична модель.***

Підвищення ефективності паливних установок є актуальним і своєчасним. Це пов'язано із скорим вичерпанням розвіданих вуглеводневих енергоресурсів [1], підвищенням їх ціни та суттєвою енергозатратністю вітчизняної економіки [3]. Крім цього, більш повне спалювання палива і підвищення його тепловіддачі дасть змогу зменшити шкідливе навантаження на навколишнє середовище і подовжити строки використання викопних вуглеводневих енергоносіїв.

**Мета** цієї роботи – описати математичними моделями результати експериментів з підвищення енергоефективності протікання окислювально-відновних екзотермічних реакцій горіння.

**Матеріали і методика досліджень.** Для проведення експериментальних досліджень з вивчення впливу дії електричного поля високої напруги на компоненти окислювально-відновної екзотермічної реакції горіння газоподібного вуглеводневого палива в повітрі нами розроблена експериментальна установка [4].

Експериментальна установка забезпечує подачу на активуючі електродні системи відновника (пропан або природний газ) та окислювача (кисень повітря) імпульсного електричного сигналу з амплітудою до 8 кВ. Крім того, проводилось дослідження впливу на ефективність спалювання режимів високовольтного сигналу та його частоти.

Осцилограми вихідних імпульсних електричних сигналів генератора наведено на рис. 1.



**Рис. 1. Осцилограми вихідних сигналів генератора високовольтного пульсуючого електричного поля без випрямлення (а) і з випрямленням (б)**

У першому експерименті проводилося дослідження ефективності спалювання пропану в повітрі під дією на молекули-реагенти реакції горіння електричного поля високої напруженості. Частота імпульсів електричного поля в експерименті змінювалася в діапазоні 0–200 Гц. Ефективність дії імпульсного електричного поля різної частоти на молекули-реагенти оцінювалися за часом нагріву 0,7 л води від 20 до 40 °С. Варіанти дослідження були такими:

1. Без випрямлення.
2. З випрямленням: на електродну систему повітря подається імпульсна, переважно негативна напруга, а на електродну систему пропану – імпульсна, переважно позитивна напруга (– - на повітря, + - на пропан).
3. З випрямленням: + - на повітря, + - на пропан.
4. З випрямленням: + - на повітря, – - на пропан.

5. З випрямленням: – - на повітря, – - на пропан.

6. З випрямленням: + - на повітря, пропан - без випрямлення.

Як контрольний використовувався варіант досліду без подачі високовольтного імпульсного електричного сигналу на електродні системи.

У другому експерименті досліджувалась дія електричного поля високої напруженості на ефективність спалювання природного газу в повітрі. Частота імпульсів електричного поля в експерименті змінювалася в діапазоні 0÷140 Гц. Ефективність дії імпульсного електричного поля різної частоти на молекули-реагенти також оцінювалася за часом нагріву 0,7 л води від 20 до 40 °С.

В обох експериментах оцінювались:

- фактично витрачений на нагрівання води час,
- різниця в часі нагрівання між контрольним і дослідними варіантами.

За контрольний також був вибраний варіант без подачі високовольтного електричного сигналу на електродні системи.

**Результати досліджень.** Результати першого експерименту наведено на рис. 2. На графіках відображено отримані залежності скорочення часу нагрівання води –  $t$  порівняно з контролем від частоти імпульсів  $f$  для шести перерахованих варіантів спалювання пропану в повітрі. Найбільше скорочення часу нагрівання відмічено при частоті імпульсів 100÷120 Гц у першому варіанті без випрямлення (19,0÷22,1 %). На частоті 90÷120 Гц у другому варіанті (з випрямленням при подачі на електродну систему повітря імпульсної, переважно негативної напруги, а на електродну систему пропану – імпульсної, переважно позитивної напруги) час нагрівання води скоротився на 14,5÷16,3 %. У шостому варіанті першого експерименту (з подачею переважно позитивної напруги на електродну систему повітря, на пропан – без випрямлення) скорочення часу нагрівання води на частоті 100 Гц склало 20,6 %. Розрахована  $HP_{0,05}=0,94$  для першого експерименту дає підставу стверджувати про наявність суттєвих відмінностей між усіма варіантами на частоті 100 Гц.

На рис. 2 також наведено графіки математичних моделей отриманих експериментальних залежностей. Всі експериментальні залежності скорочення часу нагрівання води від частоти електричних імпульсів описуються поліномами другого порядку.

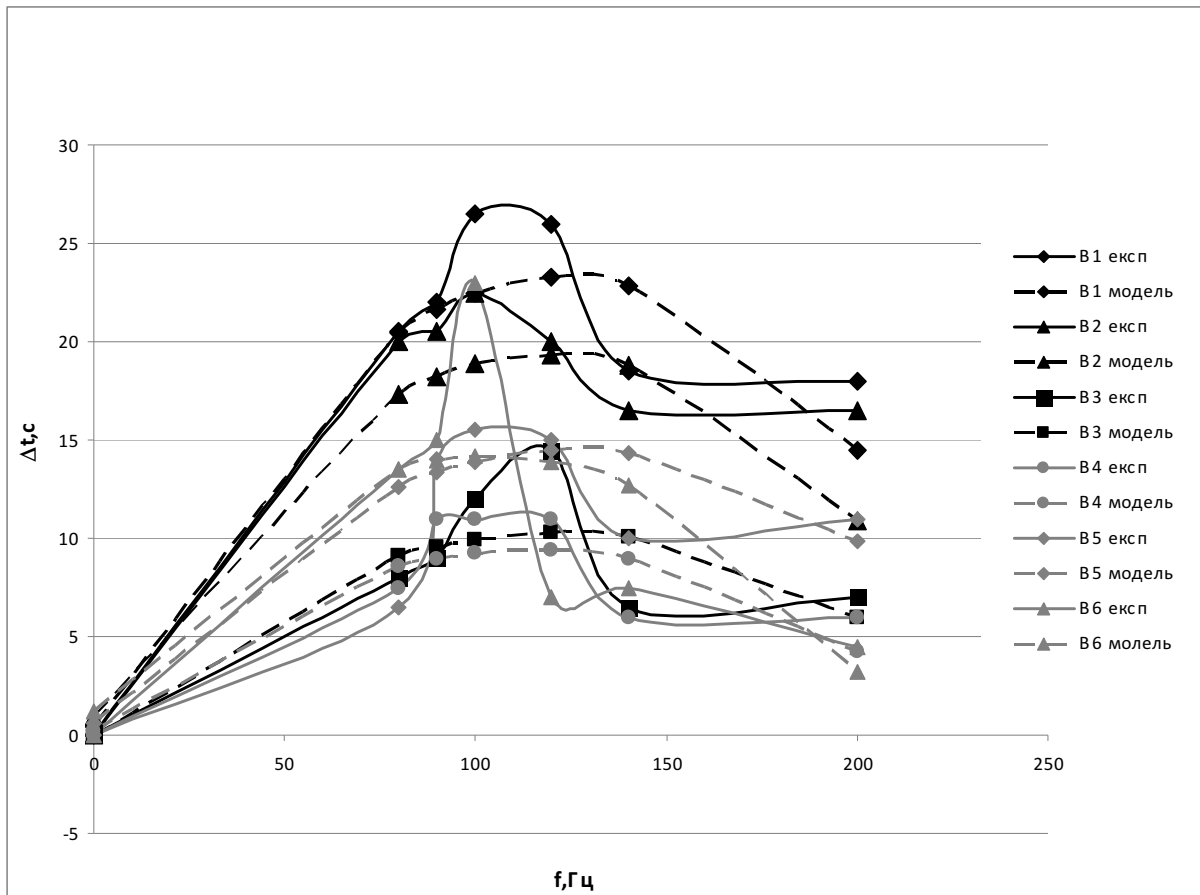
Загальний вигляд математичної моделі:

$$\Delta t = b_0 + b_{11}f + b_{22}f^2 \quad (1)$$

Коефіцієнти регресії для виконаних у першому експерименті варіантів досліджень та результати статистичної обробки результатів першого експерименту наведено в табл. 1. Розраховані за [2] для кожного варіанта коефіцієнти кореляції експериментальних даних і даних, розрахованих за математичною моделлю, показують наявність тісного кореляційного зв'язку між ними.

Адекватність моделей оцінювалася за критерієм Фішера. Розрахунки показали, що всі моделі адекватні, оскільки для кожного

варіанта першого експерименту розрахунковий критерій Фішера  $F_p$  менший за табличний критерій для 5 %-го рівня значущості  $F_{T0,05}$ .

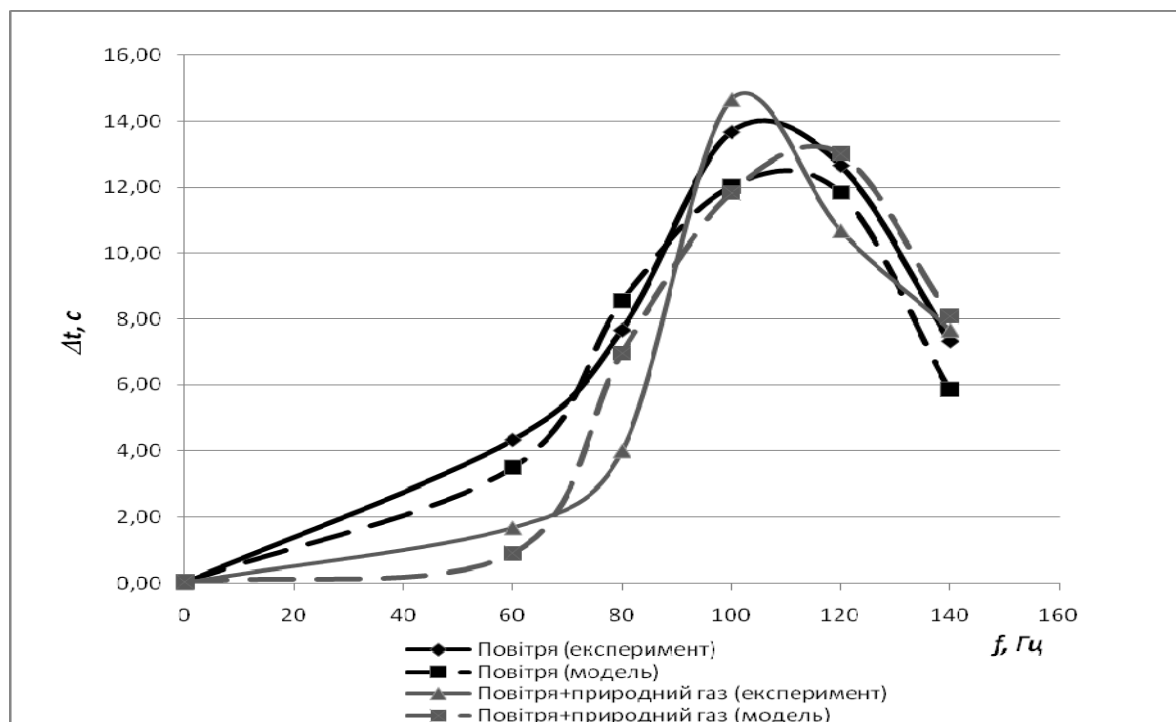


**Рис.2. Залежність скорочення часу нагрівання води від частоти імпульсів за варіантами спалювання пропану в повітрі порівняно з контролем (експ) та їх математична інтерпретація (модель)**

**1. Параметри математичної моделі та параметри її оцінки для експерименту зі спалювання пропану в повітрі**

Варіант дослідження	Коефіцієнти регресії			R	Коефіцієнт Фішера	
	$b_0$	$b_{11}$	$b_{22}$		$F_p$	$F_{T0,05}$
1. Без випрямлення, включення зустрічно-паралельне	0,46	0,37	-0,0015	0,949	<b>1,17</b>	
2. 3 випрямленням (+ - на пропан, -- на повітря)	0,87	0,31	-0,0013	0,952	<b>1,24</b>	
3. 3 випрямленням (+ - на пропан, + - на повітря)	0,042	0,17	-0,0007	0,844	<b>1,48</b>	<b>4,27</b>
4. 3 випрямленням (-- на пропан, + - на повітря)	0,26	0,16	-0,0007	0,886	<b>1,32</b>	
5. 3 випрямленням (-- на пропан, -- на повітря)	0,616	0,22	-0,00087	0,926	<b>1,24</b>	
6. 3 випрямленням (+ - на повітря, пропан - без випрямлення)	1,18	0,25	-0,0012	0,748	<b>1,84</b>	

Результати другого експерименту зі спалювання у повітрі природного газу наведено на рис. 3. На графіках показано отримані залежності скорочення часу нагрівання води  $\Delta t$  порівняно з контролем від частоти імпульсів  $f$  для двох досліджуваних варіантів спалювання природного газу в повітрі. Максимальний позитивний ефект скорочення часу нагрівання води для обох варіантів відмічений при частоті імпульсів 100 Гц. Для варіанта з активацією повітря час нагрівання води порівняно з контролем зменшився на 9,1 %, для варіанта з активацією повітря і природного газу – на 10,4 %. Ці величини скорочення часу нагрівання води для обох варіантів знаходяться в межах похибки ( $HP_{0,05}=1,45$ ) і тому некоректно віддавати перевагу одному із способів активації. Можна також зробити висновок про необхідність продовження досліджень з підбору параметрів високовольтного пульсуючого нерівномірного електричного поля для оптимізації процесу спалювання природного газу в повітрі і більш суттєвого підвищення ефективності паливних установок на природному газі.



**Рис.3. Залежність скорочення часу нагрівання води від частоти імпульсів за варіантами спалювання природного газу в повітрі порівняно з контролем**

Інтерпретація результатів, отриманих у другому експерименті, може бути виконана за допомогою поліномів третього порядку:

$$\Delta t = b_0 + b_{11}f + b_{22}f^2 + b_{33}f^3 \quad (2)$$

Коефіцієнти регресії математичних моделей варіантів дослідження та результати статистичної обробки результатів другого експерименту наведено в табл. 2.

Розраховані коефіцієнти кореляції отриманих експериментальних даних і даних, розрахованих за математичною моделлю, для обох варіантів дослідження показують наявність між ними тісного зв'язку.

## 2. Параметри математичної моделі та параметри її оцінки для експерименту зі спалювання природного газу в повітрі

Варіант досліджу	Коефіцієнти регресії				R	Коефіцієнт Фішера	
	b <sub>0</sub>	b <sub>11</sub>	b <sub>22</sub>	b <sub>33</sub>		Розрахунковий F <sub>p</sub>	Табличний F <sub>T0,05</sub>
Активация повітря	0,031	-0,3	0,0086	-0,000044	0,988	1,16	
Активация повітря і природного газу	0,0268	-0,45	0,0108	-0,000051	0,927	1,07	5,05

Оцінена за критерієм Фішера адекватність моделей дає підставу стверджувати, що моделі адекватні. Для кожного варіанта експерименту активації повітря і природного газу значення розрахункового критерію Фішера F<sub>p</sub> менше за табличний критерій для 5 %-го рівня значущості F<sub>T0,05</sub>.

### Висновки

1. Підвищення ефективності спалювання вуглеводневого палива на прикладі пропану і природного газу в повітрі під дією високовольтного пульсуючого нерівномірного електричного поля найефективніше при частоті імпульсів 100÷120 Гц.

2. Найбільше скорочення часу нагрівання води (19,0÷22,1 %) відмічено при активації повітря і пропану електричними імпульсами без випрямлення.

3. Активация повітря і природного газу призвела до скорочення часу нагрівання води на 9,1÷10,4 %.

4. Не відмічено суттєвих відмінностей у скороченні часу нагрівання води при активації окремо повітря та одночасної активації повітря і природного газу, що свідчить про необхідність продовження досліджень з підбору оптимальних параметрів електричного поля при активації природного газу.

5. Отримані математичні моделі адекватні експериментальним даним і дають можливість інтерпретації одержаних результатів.

### Список літератури

1. Гуков Я.С. Використання відновлюваних джерел енергії в сільському господарстві (наукова доповідь).–ННЦ „ІМЕСГ”, 2005.–24 с.
2. Доспехов Б.А. Методика Полевого опыта / Б.А. Доспехов.– М.: Агропромиздат, 1985.–352 с.
3. Енергетичний менеджмент: навч. посібник / [Праховник А.В., Розен В.П., Разумовський О.В. та ін.].–К.:Київ. нотна ф-ка, 1999.–184 с.
4. Ковалишин Б.М. Підвищення ефективності спалювання вуглеводневого палива під дією електричного поля високої напруги / Б.М.Ковалишин// Науковий вісник НУБіП України. Серія „Техніка та енергетика”. – 2011.–№166, ч.3. – С. 86–92.

Приведены результаты экспериментальных исследований сжигания пропана и природного газа в воздухе под воздействием высоковольтного пульсирующего неравномерного электрического поля. Снижение времени нагревания воды на 22 % при частоте 90–120 Гц свидетельствует о повышении эффективности сжигания углеводородных энергоносителей в высоковольтном электрическом поле. Полученные математические модели дают возможность математической интерпретации полученных результатов.

**Эффективность, сжигание, пропан, природный газ, активация, электрическое поле, математическая модель.**

*The results of experimental researches of propanou and natural gas incineration in mid air under high-voltage pulsating uneven electric field action are resulted. Decline of time of water heating on 22 % at frequency 90-120 Hz testifies to the rise of incineration efficiency of hydrocarbon power mediums in the high-voltage electric field. The got mathematical models enable mathematical interpretation of the got results.*

**Efficiency, burning, propanou, natural gas, activation, electric field, mathematical model.**

УДК 665.33.001.73

## **ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАГРІВУ ЗЕРНА РІПАКУ В ЩІЛЬНОМУ ШАРІ ПРИ КОНДУКТИВНОМУ ПІДВЕДЕННІ ТЕПЛА ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ ДАНИМИ**

**В.П. Лисенко, кандидат технічних наук<sup>1</sup>  
Р.А. Калініченко, кандидат технічних наук<sup>2</sup>  
Д.С. Комарчук, аспірант\***

*Створено математичну модель процесу нагріву зерна ріпаку при кондуктивному підведенні тепла. Розглянуто експериментальне визначення теплофізичних характеристик зерна ріпаку.*

**Математичне моделювання, тепловий процес, ріпак, олія, термообробка, кондуктивний нагрів.**

У технологічних процесах різних галузей промисловості, де використовується проміжний дисперсний теплоносій, при утилізації тепла виникає потреба у нагріванні дрібнодисперсних матеріалів. Здійснення

---

1 – Національний університет біоресурсів і природокористування України  
2 – ВП НУБіП України “Ніжинський агротехнічний інститут”

\* Науковий керівник – кандидат технічних наук, професор В.П. Лисенко  
© В.П. Лисенко, Р.А. Калініченко, Д.С. Комарчук, 2012