

3. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. / В.В. Овчаров – К.: УСХА, 1990. – 168 с.

Исследована зависимость скорости износа изоляции от эксплуатационных факторов в условиях агропромышленного комплекса.

Скорость износа изоляции, температура изоляции, электродинамические силы, агрессивность среды, влажность.

There have been researched a dependence of insulation deterioration from operational factors in agriculture.

Insulation deterioration, temperature of insulation, electrodynamic forces, aggressiveness of environment, humidity.

УДК 537.523.3:662.7

ВПЛИВ ПОЛЯРИЗАЦІЇ МОЛЕКУЛ-РЕАГЕНТІВ РЕАКЦІЇ ГОРІННЯ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПАЛИВНИХ УСТАНОВОК

Б.М. Ковалишин, кандидат технічних наук

Розглянуто фізико-хімічну природу окислювально-відновних процесів горіння, виявлено зв'язок ефективності паливних установок з поляризацією та активацією молекул-реагентів. Експериментально обґрунтовано застосування електроактивації молекул для оптимізації протікання хімічних реакцій горіння при спалюванні газоподібних вуглеводневих палив в окислювальному повітряному середовищі.

Енергоефективність, горіння, молекули, електричне поле, висока напруга, активація, поляризація.

Наявність та ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів у наш час визначають рівень розвитку економік і добробут населення практично всіх країн світу. Насторожує також той факт, що терміни вичерпання запасів традиційних вуглеводневих енергоносіїв (як розвіданих, так і прогнозних) вимірюються кількома десятками років [3]. З врахуванням тенденції до постійного збільшення споживання викопних традиційних невідновлюваних енергетичних ресурсів (за даними 2005 року) строк вичерпання вугілля рівний 200 років, ядерного палива – 40 років, нафти і природного газу – 36 років. Для потенційних запасів енергоресурсів – вугілля, ядерного палива, природного газу і нафти терміни вичерпання відповідно становлять 1120, 210, 73 і 53 роки [4]. Подовження термінів використання цих невідновлюваних енергоносіїв важливе як з точки зору отримання часу для проведення досліджень і обґрунтування принципово нового способу та обладнання для отримання енергії, так і з пог-

© Б.М. Ковалишин, 2012

ляду збільшення термінів їх використання в хімічній і харчовій галузях і зменшення негативного впливу на довкілля. Підвищення ефективності енергогенеруючих установок та обладнання є тим напрямом розвитку технологій спалювання, який дозволить збільшити строки використання викопних вуглеводневих енергоносіїв і тому є актуальним і своєчасним.

Оскільки основну кількість теплової та інших видів енергії отримують при спалюванні традиційних і нетрадиційних енергоносіїв, тому слід приділити увагу процесу горіння. Сам процес горіння є екзотермічною окислювально-відновною хімічною реакцією. Важливим, з точки зору теплопродуктивності паливних установок, є обґрунтування ступеня впливу будови і стану молекул-реагентів на окислювально-відновний процес горіння. Для підвищення ефективності теплогенерації при використанні вуглеводневих енергоносіїв необхідно досягати оптимізації протікання хімічних реакцій горіння і підвищувати повноту згоряння палива.

Мета досліджень – вивчення фізико-хімічної природи окислювально-відновних процесів горіння та зв'язку ефективності паливних установок з будовою та активністю молекул-реагентів для обґрунтування оптимальних параметрів протікання хімічних реакцій горіння при спалюванні газоподібних вуглеводневих палив в окислювальному повітряному середовищі.

Матеріали та методика досліджень. Підвищення енергоефективності паливних установок оснований на використанні основного положення теорії хімічної кінетики – закону Арреніуса [8,9]. Закон Арреніуса характеризує можливість протікання і швидкість протікання хімічних реакцій між молекулами-реагентами. Теоретичні та експериментальні дослідження показали можливість підвищення ефективності спалювання газоподібних вуглеводневих енергоносіїв у повітрі через електроактивацію молекул-реагентів реакції горіння. Теоретично доведено [6], що енергоефективність паливних установок при спалюванні вуглеводневого палива в повітрі може бути підвищена через дію на компоненти реакції горіння високовольтним пульсуючим нерівномірним електричним полем високої напруженості (ВПНЕП).

Експериментальні дослідження електроактивації молекул-реагентів реакції горіння пропану і природного газу в повітрі показали можливість практичної реалізації пропонованого способу в паливних установках різних типів для газоподібних вуглеводневих енергоносіїв [5].

Основні паливні характеристики низькомолекулярних газоподібних алканів наведено в табл. 1 [7].

З табл. 1 видно, що збільшення молекулярної маси газоподібних вуглеводнів прямо пропорційно пов'язане з основними їх характеристиками – густиною, теплопродуктивністю і питомою витратою повітря (кисню) для спалювання. В той же час спостерігається оберненопропорційна залежність між молекулярною масою і температурою займання (спалаху). Ця оберненопропорційна залежність може бути пояснена, на нашу думку, будовою молекул вказаних вуглеводнів та їх поляризованістю.

1. Основні паливні характеристики низькомолекулярних газоподібних алканів

Газ	Формули реакцій з киснем	Густина, кг/м ³	Теплота згоряння, МДж/м ³		Витрата повітря для спалювання, м ³ /м ³	Температура займання, °С
			Вища	Нижча		
Метан	CH ₄ +2O ₂ =CO ₂ +2H ₂ O	0,71	38,82	35,9	9,52	545
Етан	C ₂ H ₆ +3,5O ₂ =2CO ₂ +3H ₂ O	1,359	70,3	64,4	16,66	530
Пропан	C ₃ H ₈ +5O ₂ =3CO ₂ +4H ₂ O	2,02	101,2	93,2	23,8	504
Бутан	C ₄ H ₁₀ +6,5O ₂ =4CO ₂ +5H ₂ O	2,68	133,8	123,6	30,94	430

Поляризація молекул полягає у розподілі в просторі спільної електронної хмари. Якщо має місце s-зв'язок двоатомної молекули з однаковими атомами, то електронна хмара розподіляється симетрично відносно ядер обох атомів [1]. Такий ковалентний зв'язок носить назву гомеоплярного або неполярного. При утворенні в молекулі зв'язку між атомами різних елементів заряд електронної хмари розподіляється між атомами асиметрично, тобто утворюється гетерополярний зв'язок.

Під впливом зовнішнього електромагнітного поля або поля сусідніх атомів проходить зміщення густини електронної хмари. Цей процес називається поляризацією молекул. Поляризовані молекули мають електронні хмари з різною просторовою густиною заряду. Полярність молекулярних зв'язків залежить від їх довжини і різниці електронегативностей атомів, які утворюють зв'язок. Чим більше ця різниця, тим більша полярність молекул. Полярні молекули, які містять два рівних за величиною заряди протилежного знака, що розташовані на певній відстані один від одного, називаються диполями. Диполі характеризуються дипольними моментами. Дипольний момент молекули є векторною величиною і дорівнює векторній сумі всіх дипольних моментів окремих зв'язків і неподілених електронних пар у молекулі. Чисельно дипольний момент розраховується за добутком величини заряду на відстань між центрами протилежних зарядів. Дипольний момент вимірюється у дебаях (D); $1D = 3,33 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Для більшості молекул із простими ковалентними зв'язками величина дипольного моменту знаходиться в межах 2–4 D .

Сумарна поляризація молекули має три складові: атомну, електронну та орієнтаційну:

$$P = P_{ат} + P_{ел} + P_{ор} \quad (1)$$

У формулі (1) $P_{ат}$ характеризує зміщення атомних ядер у бік негативного кінця диполя, $P_{ел}$ – зміщення електронів до позитивного полюса диполя, а $P_{ор}$ – орієнтацію молекул в електричному полі. Електронна складова поляризації $P_{ел}$ становить незначну частину загальної поляризації. Орієнтаційна складова $P_{ор}$ суттєво зменшується з підвищенням температури.

Величину поляризації можна визначити за діелектричною проникністю речовини (ϵ) за формулою Клаузіуса-Мосотті:

$$P = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{4}{3} \pi N_A \alpha, \quad (2)$$

де M – молекулярна маса речовини, г·моль⁻¹; ρ – густина, г·см³; N_A – число Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹), α – поляризованість молекули, см³.

Якщо речовина є складною, тобто складається з декількох компонентів з поляризованостями α_i та об'ємними концентраціями N_i , формула Клаузіуса-Мосотті матиме вигляд:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{4}{3} \pi [N_1 \alpha_1 + N_2 \alpha_2 + \dots + N_k \alpha_k]. \quad (3)$$

Поляризованість P визначається за формулою:

$$P = \frac{4M}{3\rho} \pi [N_1 \alpha_1 + N_2 \alpha_2 + \dots + N_k \alpha_k]. \quad (4)$$

Іноді поляризованість називають динамічною поляризацією, підкреслюючи, що поляризованість виникає під дією зовнішнього поля й залежить не тільки від будови молекули, але й від величини та напрямку зовнішнього поля, в тому числі і поля сусідніх молекул.

Поляризованість, як міра здатності молекули до поляризації, залежить від рухливості електронів. Так, p -електрони більш рухливі, ніж s -електрони. Тому молекули з π -зв'язком легше піддаються поляризації, ніж молекули з σ -зв'язком.

На нашу думку, чим більша ступінь полярності (несиметричності) молекул, тим більше вони піддаються впливу зовнішнього електричного поля, набувають в цьому полі відповідної кінетичної енергії і легше піддаються активації. І чим ближча будова молекули до уніполярної, тим важче вона активується зовнішніми чинниками.

Проведено експериментальні дослідження ефективності паливних установок при електроактивації у високовольтному нерівномірному електричному полі молекул газоподібних вуглеводнів (пропану і природного газу) та кисню повітря.

Просторові будови молекул метану CH_4 і пропану C_3H_8 можуть бути представлені у вигляді кулестрижневих моделей [10]. На рис.1 показана кулестрижнева модель молекули метану. Форма молекули метану тетраедрична з валентними кутами Н-С-Н рівними $109^\circ 28'$. Молекула метану симетрична, а отже, уніполярна (неполяризована).

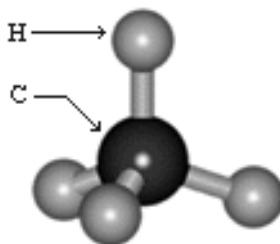


Рис. 1. Просторова будова молекули метану

З нашої точки зору симетричність молекули метану робить її стійкою до переведення електронів на енергетичні рівні збудження.

Просторова будова молекули пропану C_3H_8 має зигзагоподібну форму (рис.2).

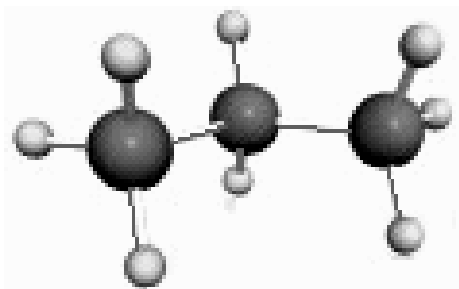


Рис. 2. Просторова будова молекули пропану

Молекула пропану має несиметричний розподіл електронних орбіталей, тобто є гетерополярною. Це, на нашу думку, дозволяє з меншими енергетичними затратами поляризувати молекули пропану і переводити їх на рівні збудження.

Атоми вуглецю в молекулах з розгалуженими ланцюгами відрізняються типом з'єднання з іншими вуглецевими атомами. Із збільшенням числа атомів вуглецю у складі молекул збільшується імовірність розгалуження вуглеводневих ланцюгів. Кількість ізомерів вуглеводнів зростає із збільшенням у молекулі кількості атомів вуглецю.

Опосередкованим підтвердженням впливу полярності на активацію молекул є їх температура займання (спалаху), яка у метану рівна 545, в етану – 530, пропану – 504, а у бутану – 430 °С (див. таблицю 1). Згідно цих даних видно, що у більших і поляризованіших алканів температура спалаху менша.

Експериментальні дослідження ефективності електроактивації молекул-реактивів реакції горіння являли собою три серії дослідів.

У першій серії проведено дослідження впливу ВПНЕП окремо на повітря і пропан, та одночасно на обидва компоненти.

Перша серія дослідів включала такі варіанти:

- спалювання без електроактивації (контроль) ;
- спалювання з електроактивацією повітря;
- спалювання з електроактивацією пропану;
- спалювання з електроактивацією повітря і пропану одночасно.

У першій серії експериментальних досліджень 1,0 л води нагрівався від 20 °С до 40 °С. В обох експериментах імпульси електричного поля досліджувались в діапазоні частот 0÷200 Гц. Імпульси електричного поля досліджувались у діапазоні частот 0÷140 Гц. Ефективність електроактивації компонентів реакції горіння при застосуванні ВПНЕП оцінювалась за перевищенням часу нагрівання води без активації компонентів реакції горіння над часом при їх активації. Повторність експерименту трикратна. Результати першого експерименту наведено у табл. 2.

2. Залежність зменшення часу нагрівання води від частоти імпульсів при електроактивації пропану і повітря (експеримент 1)

Спосіб спалювання палива	Зменшення часу нагрівання води, с при частоті електричного поля, Гц						
	20	40	60	80	100	120	140
З електроактивацією повітря	-0,81	1,85	5,89	8,63	8,63	1,85	2,26
З електроактивацією пропану	3,23	8,63	10,73	11,29	9,44	10,73	9,27
З електроактивацією повітря і пропану	11,29	8,63	13,95	15,32	20,73	22,02	13,87

У другій і третій серіях експериментів досліджувався вплив ВПНЕП на молекули-реагенти реакції горіння при спалюванні пропану і природного газу в повітрі. В обох експериментах імпульси електричного поля досліджувались в діапазоні частот 0÷200 Гц. Ефективність дії імпульсного електричного поля різної частоти при спалюванні пропану і природного газу оцінювалася за часом нагрівання 0,7 л води від 20 до 40 °С. Повторності експериментів – трикратні.

У другому експерименті варіанти дослідження були такими.

1. Без випрямлення високовольного імпульсного сигналу.
2. З випрямленням – на електродну систему 1 в каналі повітря подається імпульсна, переважно негативна напруга, а на електродну систему 2 у каналі 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.

Ефективність впливу ВПНЕП на компоненти реакції горіння оцінювалася за різницею в часі між дослідними варіантами і контролем (без електроактивації молекул). Результати другого експерименту наведено в табл. 3.

3. Залежність зниження часу нагріву води від частоти імпульсів для різних варіантів електроактивації пропану і повітря (експеримент 2)

Спосіб активації молекул-реагентів	Зменшення часу нагрівання води, с при частоті електричного поля, Гц					
	80	90	100	120	140	200
Без випрямлення, включення зустрічно-паралельне	20,50	22,00	26,50	26,00	18,50	18,00
З випрямленням (+ - на пропан, - - на повітря)	20,00	20,50	22,50	20,00	16,50	16,50
З випрямленням (+ - на пропан, + - на повітря)	8,00	9,00	12,00	14,50	6,50	7,00
З випрямленням (- - на пропан, + - на повітря)	7,50	11,00	11,00	11,00	6,00	6,00
З випрямленням (- - на пропан, - - на повітря)	6,50	14,00	15,50	15,00	10,00	11,00

У третьому експерименті проводилася оцінка ефективності електроактивації молекул природного газу і повітря. В одному варіанті цього експерименту проводилось дослідження активації одного тільки повітря, в другому варіанті – спільна активація повітря і природного газу.

Ефективність електроактивації оцінювалась за скороченням часу нагрівання води. Результати третього експерименту наведено в табл. 4.

4. Залежність величин зниження часу нагрівання води від частоти імпульсів при електроактивації природного газу і повітря

Спосіб спалювання палива	Зменшення часу нагрівання води, с, при частоті електричного поля, Гц					
	0	60	80	100	120	140
Активація повітря	0,00	4,33	7,67	13,67	12,67	7,33
Активація повітря і природного газу	0,00	1,67	4,00	14,67	10,67	7,67

Результати досліджень. Отримані в першій серії дослідів експериментальні результати показують, що електроактивація компонентів реакції горіння пропану в повітрі, порівняно з контролем, суттєво скорочує час нагрівання води в однілітровій посудині практично у всіх варіантах. При електроактивації повітря в полі високої напруги на частоті 80 і 100 Гц спостерігається зменшення витрати палива на 8,6 %. Електроактивація пропану в полі пульсуючої з частотою 80 Гц високої напруги дозволила нагріти воду у вказаних межах температури при витраті палива на 11,3 % меншій, ніж у контролі. Розрахована $NP_{0,05}=4,33$. Найбільший позитивний ефект (зменшення витрати палива на $21,5\div 22,0$ %) спостерігається при дії на обидва компоненти окислювально-відновної екзотермічної реакції горіння високовольтним пульсуючим нерівномірним електричним полем з частотою $100\div 120$ Гц. В останньому варіанті першої серії дослідів можна відмітити здійснення принципу суперпозиції щодо сумісного впливу активації компонентів реакції горіння.

Отримані у другому експерименті результати свідчать про суттєве скорочення часу нагрівання води при електроактивації повітря і пропану в електричному полі високої напруженості практично у всіх варіантах. Для всіх варіантів дослідження максимума зниження часу нагрівання води відмічено при використанні імпульсів з частотою $100\div 120$ Гц. Найбільший позитивний ефект (зниження часу нагріву на $22,1\div 19,0$ %) спостерігали у вказаному діапазоні частот для варіанта з подачею на електродні системи імпульсів високої напруги без випрямлення. Розрахована для другого експерименту $NP_{0,05}=3,31$ дає підстави вважати суттєвими відмінності між результатами різних варіантів.

Результати першого і другого експериментів подібні і показують, що найбільша ефективність спалювання пропану в повітрі спостерігається при електроактивації обох компонентів реакції горіння без випрямлення на частоті ВПНЕП $100\div 120$ Гц.

За результатами третього експерименту видно, що активація ВПНЕП природного газу і повітря скорочує час нагрівання води в обох ва-

ріантах дослідження. При активації повітря високовольтними імпульсами з частотою 100 Гц скорочується час нагрівання води на 11,1 %. При спільній активації природного газу і повітря скорочення часу нагрівання води склало 12,0 %. Розрахована для третього експерименту $NP_{0,05}=2,46$ свідчить про неістотні відмінності між обома варіантами досліду практично для всього досліджуваного діапазону частот ВПНЕП. Такі неістотні відмінності пояснюються, з нашої точки зору, тим, що у варіанті з одночасною активацією обох компонент реакції горіння ефективною була лише активація повітря. Внесок у загальну ефективність реакції горіння активованого природного газу був незначним. Можна також зробити висновок про те, що в другому варіанті третього експерименту параметри електричного поля не дозволили в достатній мірі провести активацію молекул природного газу. Оскільки вміст в природному газі метану складає 89÷99 % [2], то, на нашу думку, отриманий результат пояснюється неефективністю впливу ВПНЕП на гомеополлярні молекули метану. Тому різницю в ступені електроактивації молекул пропану і метану можна пояснити будовою, а значить поляризованістю, самих молекул.

Висновки

1. Теоретично та експериментально обґрунтовано можливість підвищення енергоефективності паливних установок на газоподібному вуглеводневому паливі при активації молекул-реагентів реакції горіння високовольтним пульсуючим нерівномірним електричним полем.
2. При активації молекул-реагентів хімічних реакцій важливим є врахування ступеня їх поляризованості.
3. Отримані експериментальні результати підтверджують теоретичні висновки про важливу роль поляризації молекул для їх електроактивації.
4. Слід продовжити дослідження дії високовольтного пульсуючого нерівномірного електричного поля на молекули-реагенти реакції горіння природного газу (метану) в повітрі.

Список літератури

1. Бретшнайдер Ст. Свойства газов и жидкостей. Инженерные методы расчета./ Бретшнайдер Ст.– М.-Л.: Химия, 1966.–538 с.
2. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости: ГОСТ 30319.2-96. – М.: Госстандарт РФ, 1996. – 12 с.
3. Гуков Я.С. Використання відновлюваних джерел енергії в сільському господарстві: наукова доповідь/ Я.С. Гуков .– Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”, 2005.–24 с.
4. Праховник А.В. Энергетичний менеджмент: навч. посіб. [А.В.Праховник, В.П. Розен, О.В. Разумовський та ін].–К.: Київ. нотна ф-ка, 1999.–184 с.
5. Ковалишин Б.М. Застосування електричного поля високої напруги для підвищення енергоефективності паливних установок / Б.М. Ковалишин.– К.: Науковий вісник НУБіП України. Серія “Техніка та енергетика в АПК”.–2011.– №161.– С. 27–32.
6. Ковалишин Б.М. Підвищення енергоефективності паливних установок через активацію молекул-реагентів реакції горіння / Б.М. Ковалишин.– Наукові вісті НТУУ “КПІ”.–2011.–№1.– С.136–139.

7. Мала гірнича енциклопедія / [за ред. В. С. Білецького]. — Донецьк: «Донбас», 2004.—Т.1.— 640 с.
8. Основы химической кинетики / Ейринг Г., Лин С.Г., Лин С.М.— М.: Мир, 1983.—528 с.
9. Физическая химия / [под ред. К.С. Краснова].— М.: Высш. шк., 2001.— Кн. 1.— 512 с; кн. 2.— 319 с.
10. <http://www.chemistry.ssu.samara.ru/chem2/index2.htm> (Самарский государственный университет).

Рассмотрена физико-химическая природа окислительно-восстановительных процессов горения, обнаружена связь эффективности топливных установок с поляризацией и активацией молекул-реагентов. Экспериментально обосновано применение электроактивации молекул для оптимизации протекания химических реакций горения при сжигании газовидных углеводородных топлив в окислительной воздушной среде.

Енергозффективність, горення, молекули, електричне поле, високе напруга, активація, поляризація.

The physical and chemical nature of oxidizing-restoration processes of burning is considered, the communication of of fuel equipments efficiency with polarizing and molecules-reagents activating is exposed. Application of electro-activating of molecules for optimization of burning chemical reactions at incineration of gaseous hydrocarbon fuels in the oxidizing air environment is grounded experimentally.

Energy efficiency, burning, molecules, electric field, high voltage, activating, polarization.

УДК 621.3.03:662.76.032.31

ЗНИЖЕННЯ ПОЖЕЖО-ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ В АВТОНОМНІЙ СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ

**В.В. Козирський, А.В. Жильцов, доктори технічних наук
А.Л. Яржемський, аспірант***

Розроблено рекомендації щодо зниження пожежо-вибухонебезпечності при роботі автономної системи електроживлення з використанням генераторного газу.

Автономне електроживлення, генераторний газ, система автоматичного керування, пожежо-вибухобезпечність.

Найпотужнішими викликами нинішнього століття є проблеми екології і енергетики, що тісно пов'язані між собою. Вичерпність традиційних енергоносіїв, стрімке зростання їх вартості та низька надійність систем

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор В.В. Козирський

© В.В. Козирський, А.В. Жильцов, А.Л. Яржемський, 2012