

4. **Ravindran M. A. et al.** A Novel Technological Review on Fast Charging Infrastructure for Electrical Vehicles: Challenges, Solutions, and Future Research Directions. *Alexandria Engineering Journal*. 2023. Vol. 82. P. 260–290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.10.009>.

УДК 621.352.6

ВПЛИВ РЕЖИМУ РОБОТИ ПАЛИВНОГО ЕЛЕМЕНТА З ПРОТОНО-ОБМІННОЮ МЕМБРАНОЮ НА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Авраменко Андрій Миколайович^{1,2},

1 – д.т.н., пров. наук. співр. ІЕМС ім. А.М. Підгорного НАН України,
2 – професор кафедри ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, e-mail: an0100@ukr.net, ORCID0000-0001-8130-1881

Кривда Віталій Валерійович, канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів і
автомобільного господарства, Національний ТУ «Дніпровська політехніка»,
e-mail: krivda.v.v@nmu.one, ORCID:0000-0002-8304-2016

Лєвтерєв Антон Михайлович, к.т.н., ст. наук. співр., відділу
термогазодинаміки енергетичних машин, ІЕМС ім. А.М. Підгорного НАН
України, e-mail: antmix1947@gmail.com, ORCID0000-0001-5308-1375

Підвищення вимог до ККД та екологічних показників транспортних енергоустановок вимагає пошуку шляхів зі зниження рівня викидів та підвищення їх ККД [1]. Одним із перспективних напрямків є використання гібридних енергоустановок, наприклад, ДВЗ та модуля Li-іон акумуляторів [2], або низькотемпературних паливних елементів (ПЕ) та модуля Li-іон акумуляторів [3].

Однією з основних переваг таких рішень є можливість підвищення сумарного ККД та зниження рівня шкідливих викидів, а також гнучкість керування при їх експлуатації у складі автомобіля з гібридною енергоустановкою, наприклад, можливість використання системи рекуперації енергії гальмування для зарядки модуля акумуляторів.

Основні складносці, що виникають при використанні автомобілів з гібридними енергоустановками є недостатньо розгалужена мережа сервісних станцій, відсутність водневих та електро-заправних станцій, складносці зі зберіганням запасу водню на борту автомобіля та деградація паливних елементів і акумуляторів, а також відсутність в Україні спеціалізованих підприємств з утилізації Li-іон акумуляторів.

Робоча температура низькотемпературного паливного елемента з протонно-обмінною мембраною перебуває в межах від 60 до 80°C, а для деяких конструкцій до 100 °C [3].

Метою роботи є оцінка впливу режимів роботи ПЕ на його характеристики.

В представленій роботі, з використанням чисельних методів, розглянуто вплив трьох режимів роботи ПЕ на його робочі характеристики (розглянуто стехіометричне співвідношення для водню та повітря в діапазоні (водень – 1,05; 1,2; 1,35 і повітря – 1,5; 2; 2,5)).

Порівняльне математичне моделювання проведено в тривимірній стаціонарній постановці для режимів з робочою температурою ПЕ 70 °С. Матеріал протоно-обінної мембрани – Nafion.

В якості палива розглядається чистий водень (мольна частка 1), а в якості окислювача – кисень повітря (враховується наявність азоту та діоксиду вуглецю).

Схему загального вигляду фрагменту ПЕ (декількох комірок) наведено на рис. 1.

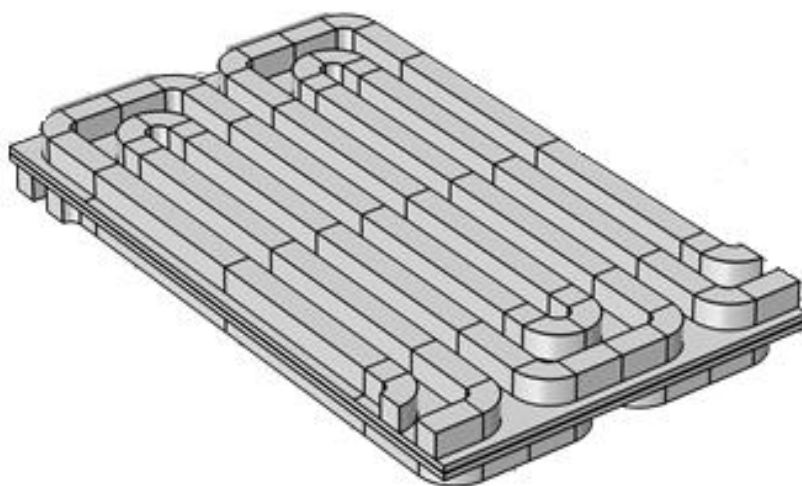


Рисунок 1 – Схема загального вигляду фрагменту ПЕ

Розподіл мольної частки водню та кисню під час роботи ПЕ (для режиму з робочою температурою 70 °С) наведено на рис. 2.

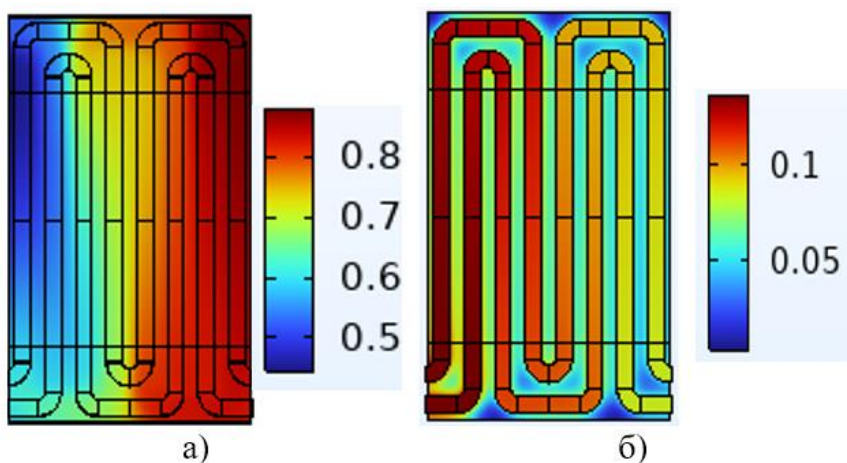


Рисунок 2 – Розподіл мольної частки водню (а) та кисню (б) під час роботи ПЕ

Для розглянутого режиму роботи ПЕ мольна частка водню в паливних каналах змінюється в межах від 0,88 на вході до 0,45 на виході (рис. 2). Зміна мольної частки кисню в повітряних каналах під час роботи ПЕ на розглянутому режимі змінюється в межах від 0,14 на вході до 0,04 на виході (рис. 2).

Результати порівняльних розрахунків (графіки поляризації, в залежності від стехіометричних співвідношень) наведені на рис. 3.

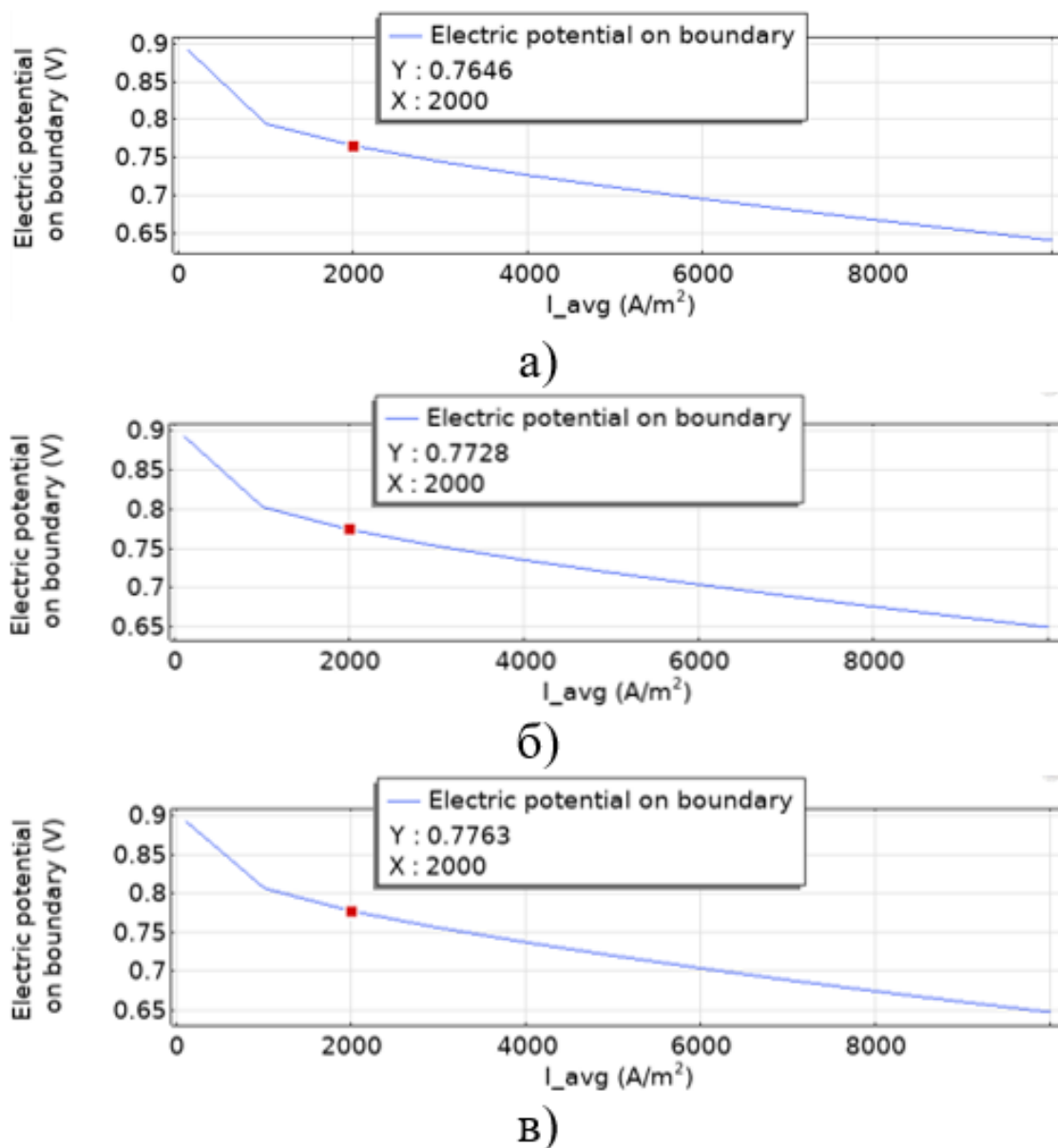


Рисунок 3 – Графіки поляризації в залежності від стехіометричних співвідношень: а – водень – 1,05/повітря – 1,5; б – водень – 1,2/повітря – 2; в – водень – 1,35/повітря – 2,5

Як видно з наведених результатів, зі збільшенням значень стехіометричних співвідношень паливної суміші у ПЕ зростає напруга на комірці з 0,7646 В до 0,7763 В (при рівних значеннях осередненої щільності струму $I_{сер} = 2000 A/m^2$), що свідчить про підвищення його потужності на 1,5% (рис. 3).

Висновки

За результатами порівняльного математичного моделювання показано, що зі збільшенням значень стехіометричних співвідношень водню та повітря у ПЕ на режимах з робочою температурою 70 °С поліпшуються експлуатаційні показники енергоустановки.

Література

1. **Yi Y. et al.** Accelerating Towards Sustainability: Policy and Technology Dynamic. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, no. 8. 3668. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17083668>.
2. **Borodenko Y. et al.** Energy aspects of automobile transport. *Automobile transport*. 2023. Vol. 53. P. 37–50. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2023.53.0.05>.
3. **Ermis K., Toklu E., Yegin M.** Investigation of operating temperature effects on PEM fuel cell. *Journal of Engineering Research and Applied Science*. 2020. Vol. 9 (2). P. 1538–1545. URL: <https://www.journaleras.com/index.php/jeras/article/view/213> (дата звернення: 04.03.2026).

УДК 641.43

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЧОТИРИТАКТНОГО ПНЕВМОДВИГУНА ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Нікітченко Ігор Миколайович, завідувач кафедри ДВЗ, кандидат технічних наук, доцент Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: igor.nikitchenko@gmail.com, ORCID [0000-0002-9481-4296](https://orcid.org/0000-0002-9481-4296)

Кляузер Сергій Андрійович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: klyauzersergei@gmail.com, ORCID: [0009-0004-4582-6794](https://orcid.org/0009-0004-4582-6794)

Пневматичні двигуни, що працюють на енергії стисненого повітря - є перспективним напрямком завдяки їхній нульовій емісії в місці експлуатації, простоті конструкції та пожежобезпечності. Чотиритактні пневмодвигуни - є менш дослідженими в порівнянні з традиційними двигунами внутрішнього згоряння, проте мають значний потенціал для застосування у міському циклі руху.

Метою роботи є аналіз робочого процесу чотиритактного інтегрованого пневмодвигуна, визначення його основних параметрів та комплексна оцінка енергетичних показників.

Системи пневматичного приводу можна класифікувати за ступенем інтеграції з традиційним ДВЗ на повністю пневматичні, послідовні та паралельні пневмо-гібриди, а також інтегровані (комбіновані) системи. Саме інтегрований Пневмо-ДВЗ, де циліндри двигуна можуть виконувати функції