

ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ

*Розвиток наукових засад отримання,
зберігання та використання водню в системах
автономного енергозабезпечення*

**Металогідридні акумулятори для систем подачі
водню до паливних комірок**

**проект № 13-20
другий етап**

Науковий керівник: акад. НАН України Мацевитий Ю.М.
Виконавці : с.н.с., к.т.н. Авраменко А.А., с.н.с., к.т.н. Чорна Н.А.
Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

Грудень 2020



Метою досліджень на другому етапі робіт за проектом є:

розробка науково-технічних рішень, що забезпечують підвищення надійності енергозабезпечення автономних систем та зменшення екологічного навантаження на оточуюче середовище за рахунок використання водневих технологій акумулювання енергії.

Наукова новизна. Запропонована альтернативна схема електро- та теплопостачання автономного будинку без використання привізного палива. Перевагою такої схеми є її замкнутість, оскільки водень для живлення паливної комірки виробляється на місці, при цьому металогібридна система зберігання водню здатна забезпечити проведення процесів поглинання та його виділення за рахунок наявних в системі ресурсів гарячої та холодної води.

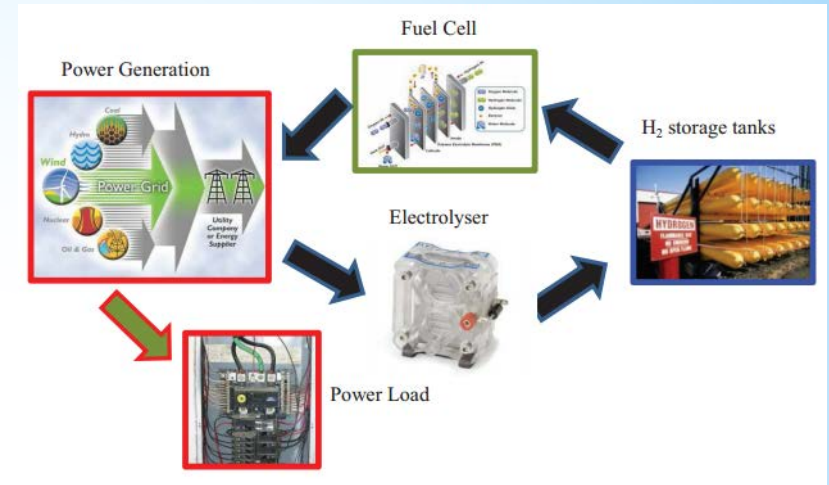
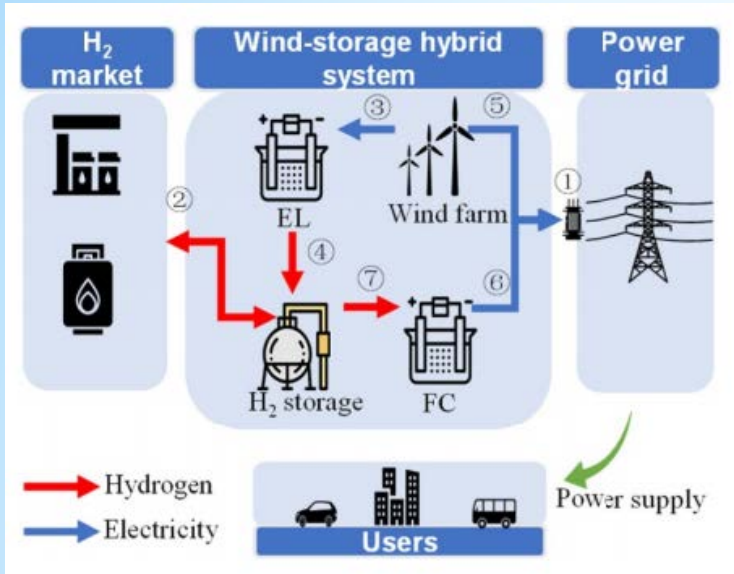
Практична значимість. Застосування технології перетворення енергії первинних джерел шляхом створення вітроводневого енерготехнологічного комплексу із застосуванням електролізної установки та металогібридної системи акумулювання водню дозволить вирішити проблему згладжування нерівномірності надходження енергії від поновлюваних джерел.

Методика. Методика розрахунку забезпечує отримання сукупності оптимальних технічних рішень для визначення ефективних режимів роботи автономної системи енергозабезпечення для подачі водню до паливної комірки виходячи з графіків електричного навантаження конкретного споживача за допомогою обчислювального експерименту.

Задачі 2-го етапу:

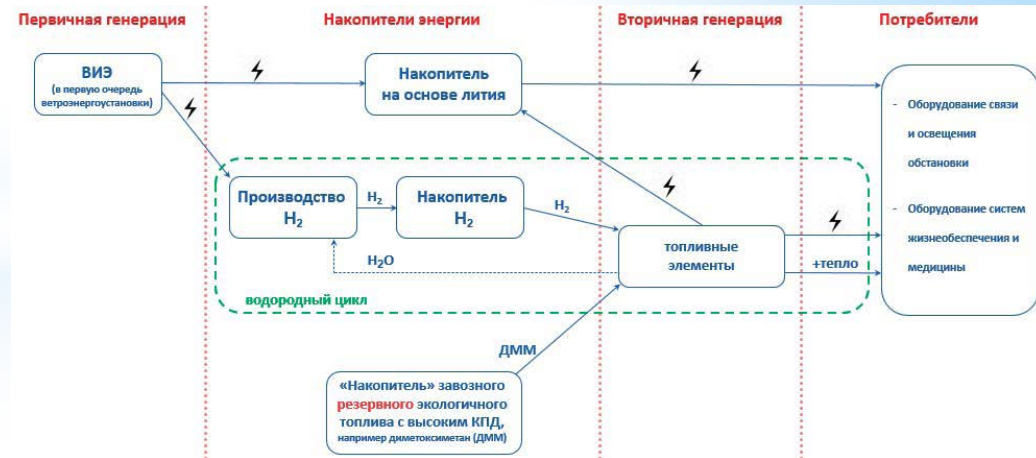
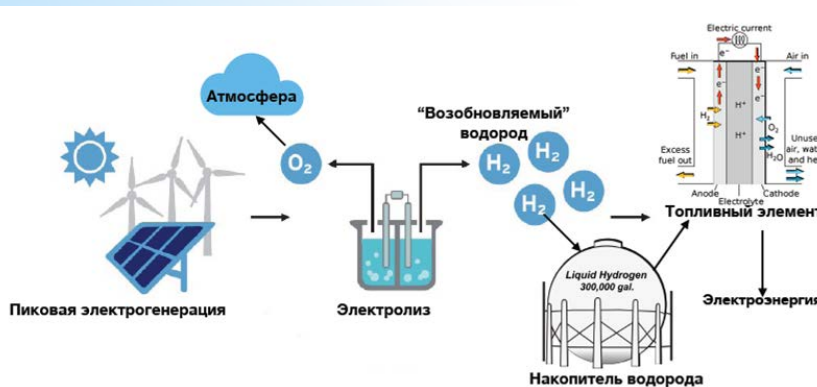
- проаналізувати перспективні схеми металогібридної системи енергозабезпечення на базі паливних комірок з метою її використання для забезпечення опаленням та електроенергією автономного котеджу;
- провести комплексний аналіз споживання електроенергії побутовим споживачем і визначити витрати електроенергії на освітлення, побутові прилади та на опалення;
- визначити ефективні режими роботи автономної системи енергозабезпечення для подачі водню до паливної комірки виходячи з графіків електричного навантаження конкретного споживача за допомогою обчислювального експерименту;
- визначити необхідну кількість водню для роботи паливних комірок;
- визначити оптимальні режими роботи металогібридної системи зберігання водню у відповідності з заданими її характеристиками;
- розробка конструкції металогібридного акумулятора та синхронізація його динамічних характеристик з режимом роботи паливної комірки;
- узагальнення отриманих результатів та розробка рекомендацій щодо підбору нової паливної комірки підвищеної потужності.

Загальна концепція організації енергетичної системи



Дослідження National Research Centre for Thermal Power Engineering and Technology, North China Electric Power University, China

Дослідження французських вчених Fédération FCLAB (France)



Европейский аналог проекта SoCalGas/University of California-Irvine: Helmeth

Московский физико-технический институт в рамках работ Центра автономной энергетики Института арктических технологий с 2017 г. занимается проблемами энергопоставки населенных и безлюдных опорных пунктов в Арктическом регионе.

Металогідридні технології накопичення і зберігання водню в паливних комірках

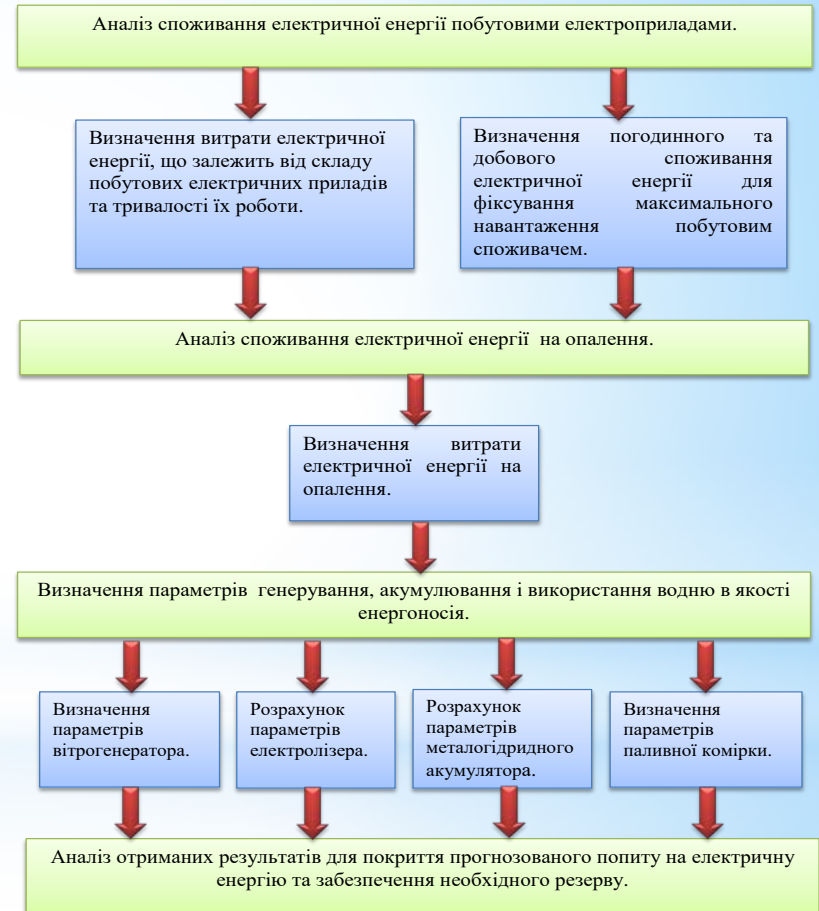
Для дослідження металогідридних технологій накопичення і зберігання водню в лужних паливних комірках розроблена схема вітроенергетичної установки.



Принципова схема автономного вітроводневого енерготехнологічного комплексу

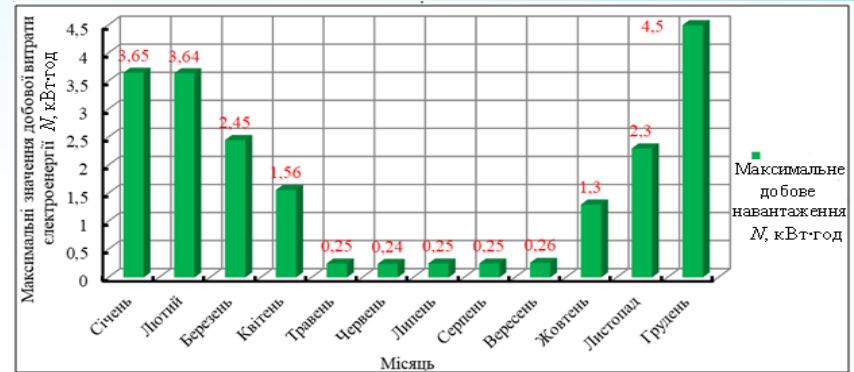
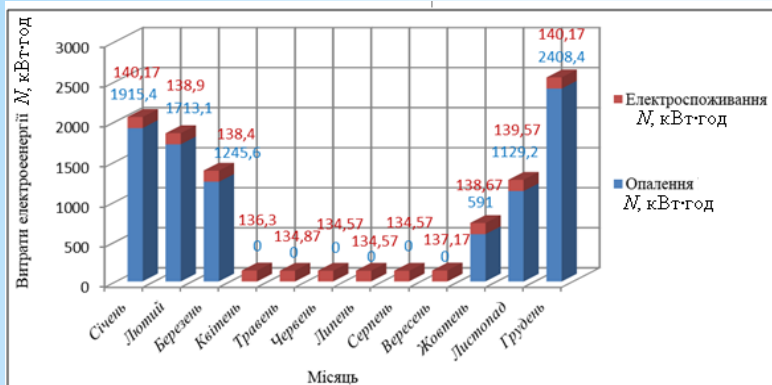
В процесі роботи вітрогенератора вироблена електроенергія через систему управління подається на електролізер високого тиску. В процесі реакції електрохімічного розкладання рідкого лужного електроліту отримані кисень і водень надходять в балонну систему зберігання газів, які використовуються для роботи модуля паливної комірки. Для перетворення отриманої напруги постійного потенціалу в змінну застосовується інвертор. Потім перетворена електроенергія подається споживачеві. У години, коли потужність вітрогенератора надлишкова, здійснюється накопичення водню в металогідридному акумуляторі спільно з газобалонною системою зберігання. Відбувається акумулювання енергії вітру для подальшого автономного енергозабезпечення споживачів. У години пікових навантажень (ранковий і вечірній час), а також в разі різкого тривалого зниження швидкості вітру водень і кисень з системи зберігання витрачається на генерування додаткової електроенергії за допомогою модуля лужних паливних комірок.

Для визначення витрати електричної енергії проведено комплексний аналіз споживання електроенергії побутовим споживачем.



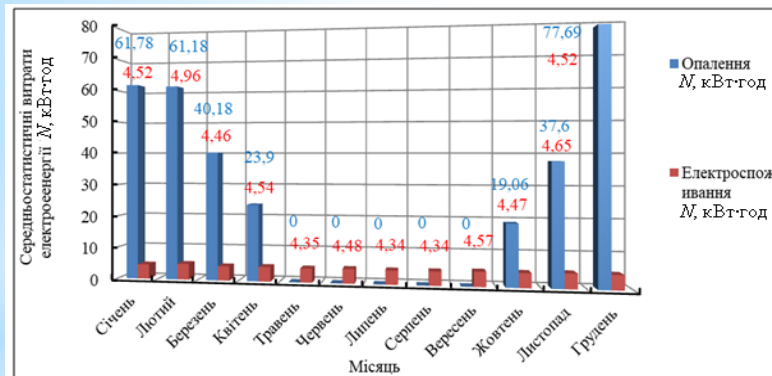
Загальна структура для визначення покриття попиту на електроенергію

Термодинамічний аналіз комплексної системи «паливна комірка – металогідридний акумулятор водню»



Витрати електроенергії автономним будинком помісячно

Розрахункові максимальні навантаження електроенергії в автономному будинку



Добові витрати електроенергії автономним будинком

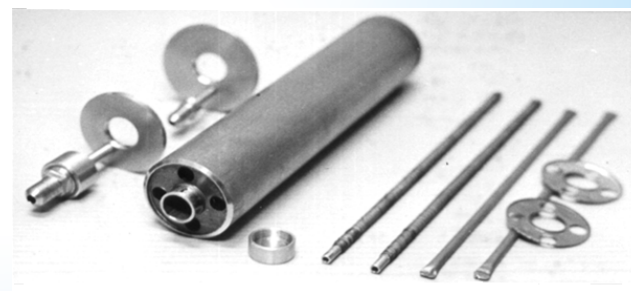
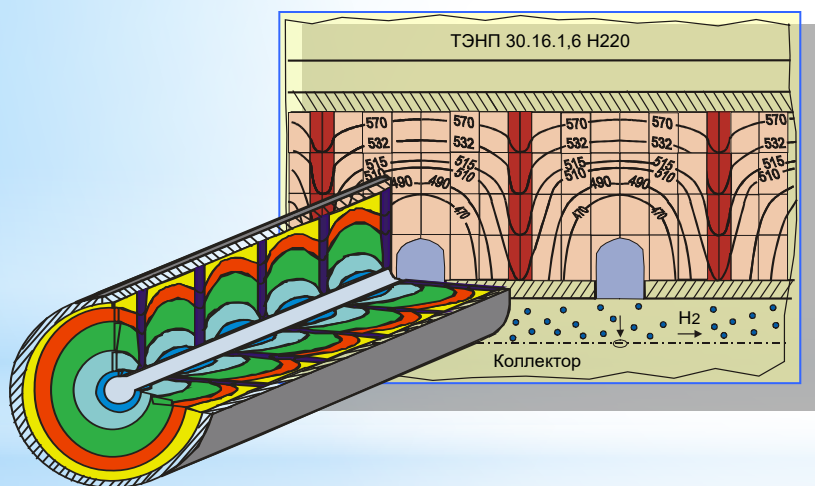
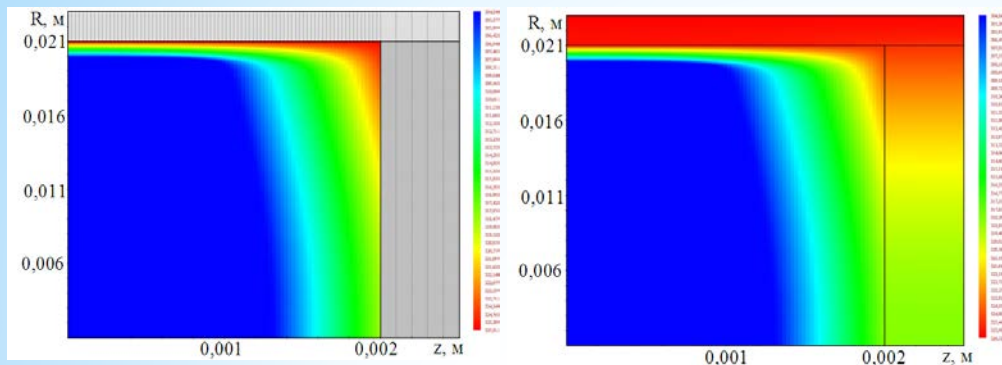
За результатами розрахунку енергоспоживання автономним будинком площею 45 м² складає: річні витрати електроенергії – 9651 кВт·год, де витрати на освітлення та побутові прилади складають 1648,3 кВт·год, витрати на опалення – 8002,7 кВт·год. Максимальні добові навантаження на освітлення, побутові прилади і опалення в грудні та становлять 4,5 кВт·год.



Узагальнений алгоритм щодо проведення розрахункових досліджень автономної системи енергозабезпечення

Розробка конструкції металогідридного акумулятора для системи акумулювання водню

$t=70$ с



Для забезпечення максимальної потреби електроенергії на освітлення, побутові прилади та опалення споживачем автономного будинку використаний вітрогенератор потужністю 7,5 кВт за 1 год, електролізер ЕВТ 1,0 - 150 продуктивністю 1м³ H₂ і 0,5 м³ O₂, металогідридний акумулятор водню довжиною L=0,15 м з внутрішнім діаметром 0,04 м та продуктивністю до 0,1 г/с. Розглянуті та проаналізовані лужні паливні комірки, в результаті обрана ПК DBX5000 N=5,0 кВт·год, що забезпечує задані характеристики вітроенергетичної установки з водневим накопичувачем енергії.

В И С Н О В К И

- 1 Показано, що першочерговим завданням є зменшення обсягів споживання природного газу та зміщення акцентів у бік використання поновлюваних джерел енергії, зокрема, в системах енергопостачання.
- 2 Показано, що для автономних споживачів винятковий інтерес представляють системи електроживлення на основі низькотемпературних лужних паливних комірок потужністю до 20 кВт, а використання металогібридної системи зберігання водню в складі вітроенерготехнологічного комплексу відповідає вимогам розміщення автономних систем енергозабезпечення.
- 3 Проаналізовано графіки споживання електричної енергії автономним будинком. Встановлено, що для будинку площею 45 м² річні витрати електроенергії складають 9651 кВт·год, а саме, витрати на освітлення та побутові прилади – 1648,3 кВт·год, витрати на опалення – 8002,7 кВт·год. Максимальні добові навантаження на освітлення, побутові прилади і опалення в грудні та становлять 4,5 кВт·год.
- 4 Проведено аналіз роботи паливних комірок з металогібридною системою акумулювання водню по параметрах акумуляторів водню та схемах їхньої спільної роботи для автономного котеджу. Обрана конструкція металогібридного акумулятора водню довжиною $L=0,15$ м з внутрішнім діаметром 0,04 м продуктивністю до 0,1 г/с.
- 5 Показано, що використання окислення активного губчастого електрода в якості основної електрохімічної реакції дозволило знизити витрати електроенергії на виробництво 1 м³ водню (і 0,5 м³ кисню) до 3,85 кВт·год (традиційні електролізери мають питомі енерговитрати від 4,3 кВт·год / м³ до 5,2 кВт·год / м³).
- 6 На основі розрахунків обрано електролізер ЕВТ 1,0 - 150 продуктивністю 1 м³ Н₂ і 0,5 м³ О₂, що забезпечує отримання водню і кисню високого тиску 15,0 МПа без використання компресора та повністю задовольняє технічні потреби системи зберігання водню і кисню.
- 7 Обрана паливна комірка DVX5000 потужністю 5,0 кВт, що забезпечує максимальні потреби електроенергії споживача автономного будинку.

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ПРОЕКТОМ 2020 р.

1. Шевченко А.А. Разработка автономных энерготехнологических комплексов с водородным накопителем энергии / А.А. Шевченко, Л.Р. Козак, Н.Н. Зипунников, А.Л.Котенко // Космическая техника. Ракетное вооружение. Space Technology. Missile Armaments. – 2020. – Вып. 1 (119). – С. 160–169.
2. Авраменко А.М., Чорна Н.А., Шевченко А.А. Використання водневих систем енергозабезпечення на базі паливних комірок // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. I. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 222.
3. Чорна Н.А. Використання металогідридних акумуляторів у складі автономних систем енергозабезпечення на базі паливних комірок / Н.А. Чорна // Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології», Одеса, ОНАХТ, (29-30 вересня 2020 р.) – С. 53–54.



**Інститут проблем
матеріалознавства
ім. А.М. Підгорного
НАН України**

**A. PODGORNYY
INSTITUTE OF
MECHANICAL
ENGINEERING
PROBLEMS,
NASU,
2/10 Pozharsky St.,
61046, Kharkiv,
Ukraine**

Дякуємо за увагу

Thank you for attention