

**MATERIALS**

**OF THE XII INTERNATIONAL SCIENTIFIC  
AND PRACTICAL CONFERENCE**

**MODERN EUROPEAN SCIENCE - 2016**

**JUNE 30 - JULY 7, 2016**

**VOLUME 9**

**CHEMISTRY AND CHEMICAL TECHNOLOGY**

**MATHEMATICS**

**TECHNICAL SCIENCE**

**SHEFFIELD**

**SCIENCE AND EDUCATION LTD**

**2016**

SCIENCE AND EDUCATION LTD

Registered in ENGLAND & WALES

Registered Number: 08878342

OFFICE 1, VELOCITY TOWER, 10 ST. MARY'S GATE, SHEFFIELD, S  
YORKSHIRE, ENGLAND, S1 4LR

Materials of the XII International scientific and practical  
conference, Modern european science- 2016 .

Volume 9. Chemistry and chemical technology, Mathematics , Technical  
science. Sheffield. Science and education

LTD - 82 p.

Editor: Michael Wilson

Manager: William Jones

Technical worker: Daniel Brown

Materials of the XII International scientific and practical conference,  
«Modern european science- 2016», June 30 - July 7, 2016  
on Chemistry and chemical technology, Mathematics , Technical science.

For students, research workers.

ISBN 978-966-8736-05-6

© Authors, 2016

© SCIENCE AND EDUCATION LTD, 2016

**Параска Г.Б., Горященко С.Л., Гордєєв А.І., Голівка Є.О.**  
*Хмельницький національний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ НАГРІВАННЯ ТА АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛА В ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРІ**

Набуває все більшого значення науково-технічне завдання, пов'язане з підвищенням ефективності використання енергії у споживачів - в промисловості, на транспорті, в сільському господарстві і в побуті.

Тут є великі резерви, використання яких дозволяє економити енергоресурси часто при значно менших витратах, ніж в процесах отримання та перетворення первинної енергії. Встановлено, наприклад, що витрати на будь-які заходи щодо економії палива та електроенергії в 2-3 рази нижчі за витрати на розширення паливно-енергетичної бази. До заходів щодо підвищення ефективності використання енергії у споживачів можна віднести перехід на більш досконалі і менш енергоємні технології, використання вторинних енергетичних ресурсів і, нарешті, вирівнювання тимчасових невідповідностей між виробленою енергією і потребами в ній за допомогою акумуляування енергії.

Відомо, що електрична енергія - сама розповсюджена основна форма енергії, що використовується - піддається акумуляуванню поки з найбільшими витратами. Ємність електрохімічних акумуляторів не дозволяє використовувати їх в скільки-небудь великих масштабах; перспективні великі надпровідні накопичувачі електроенергії знаходяться ще в стадії попередніх напрацювань.

Гідравлічні методи акумуляування енергії дозволяють накопичувати значну її кількість, але це пов'язано, з великими капіталовкладеннями і змінами навколишнього середовища, що є не завжди сприятливими. Разом з тим інші, більш прості способи акумуляування енергії - теплові, пневматичні, термохімічні і менш масштабні механічні - детально розроблені і практично перевірені в самих різних умовах. Їх застосування дозволяє вже зараз при відносно невеликих витратах отримати істотну економію як безпосередньо в енергетичних ресурсах, так і побічно завдяки зниженню капітальних витрат на енергетичне обладнання.

Це пов'язано з можливістю зменшення втрат, що виникають у зв'язку з розбіжністю за часом піків і провалів виробництва і споживання енергії, а також з



компенсацією короткочасної нерівномірності її витрати в багатьох технологічних процесах, на транспорті і в побуті.

Якщо невідповідності між подачею і потребами в енергії обумовлені видом джерела первинної енергії і установки для перетворення енергії, то завдання акумулюючої установки полягає у вирівнюванні вироблення енергії шляхом зрізання піків і заповнення провалів вироблення.

Повна оцінка установки акумулювання енергії включає не тільки економічне порівняння різних можливих систем акумуляторів і пікових установок, але й оптимізації підсистем акумулювання в системі енергопостачання. Іноді такі зовсім не економічні чинники, як маневреність, зручність застосування, експлуатаційні переваги, будуть визначальними при виборі тих чи інших акумулюють установок.

Мета проведення експериментальних досліджень полягає в перевірці достовірності одержаних математичних залежностей, а також правильності прийнятих теоретичних припущень для визначених факторів, що суттєво впливають на характер процесу акумуляції тепла. А саме: час нагрівання рідини в баку, часу теплопередачі між теплообмінником та рідиною, властивостей рідини та матеріалу ізоляції, кількість накопиченого тепла, час теплопередачі тепла з баку на опалення побутового приміщення.

Робота теплоакумулятора (об'єкта «нагрівач-рідина-бак») пов'язана з періодами нагрівання та охолодження робочої рідини. Аналітичні дослідження дозволяють виконати кількісну оцінку часу нагрівання рідини до максимальної та час віддачі тепла на зовні. Відносне відхилення часових ліній може призвести до виснаження теплоакумулятора. Тому визначення параметрів об'єкта які впливають на час накопичення та часу віддачі тепла і визначає основну задачу досліджень.

Будь-яка система постачання енергії складається з джерела первинної енергії, підсистеми перетворення енергії й споживачів перетвореної енергії. У системі можуть виникнути невідповідності - як у часі, так і в просторі- між подачею енергії й потребами. Подолання цих невідповідностей є основною метою акумулювання енергії [1-3]. Якщо такі невідповідності викликаються змінами (більш-менш різкими) у споживанні енергії, то це завдання зняття пікового навантаження, що може бути вирішена, принаймні частково, за допомогою акумулювання енергії.

Для проведення експериментальних досліджень, було спеціально спроектовано і виготовлено експериментальну установку, яка дозволяє визначити енергію та час нагрівання робочої рідини у теплоакумуляторі. Загальний вигляд установки для дослідження теплоакумулятора показано на рис. 1.



Рис. 1 – Загальний вигляд установки для дослідження теплоакумулятора

Експериментальна установка складається з теплового акумулятора об'ємом 500 літрів. В бак теплоакумулятора введено кілька теплообмінників які зав'язані на один вхід та один вихід. Кожен з теплообмінників вмикається окремо, за конструкцією та площею вони ідентичні. Зверху всередині бака розташовано теплообмінник для опалення, що підключено до батареї опалення через насос. Нагрівачем води є електродний котел на 25 кВт. Окрема плата управління та контролю управляє включенням та виключенням котла та здійснює контроль температури по вбудованих в теплоакумулятор датчиків температури.

Установка [4-5] працює наступним чином. Після включення живлення виставляється температура, до якої повинен нагрітися бак теплоакумулятора (це  $95^{\circ}\text{C}$ ). Електродний котел вмикається і насос в контурі нагріву починає перемішувати нагріту воду. Нагріта вода через теплообмінники віддає тепло до теплоакумулятора та повертається знову до котла де й нагрівається знову. Завдяки використанню електродного котла вода в контурі нагріву максимально може нагріватися до  $99^{\circ}\text{C}$ . Конструктивно більший нагрів її неможливо здійснити через особливість електродного нагріву. Таким чином ми маємо стабільне значення вхідних параметрів теплоносія.

Окрім того відсутня можливість пароутворення та створення небезпечної ситуації до ураження перегрітим паром людей у приміщенні, де розташовано систему опалення з баком. Нагріта майже до кипіння вода віддає свою теплову енергію воді, що знаходиться в баку-акумуляторі. Сам бак оснащено, на всякий випадок, системою зі зворотнім клапаном. Нагріта вода природною конвекцією розповсюджується в



теплоакумуляторі. Використання теплоізоляційних матеріалів дозволило зменшити втрати тепла. Нагріта вода може відразу, або через певний проміжок часу віддати свою теплову енергію контуру опалення. Для цього вмикається насос і через верхній теплообмінник здійснюється відбор гарячої води та віддача тепла в навколишнє середовище через батарею опалення. Регулюючи час вмикання та вимикання насоса можна контролювати кількість тепла, що надходить до батареї опалення.

Експериментальна установка обладнана електронною системою (рис.2), що дозволяє контролювати та реєструвати біжучі значення температури та часу нагрівання баку та охолодження його.

Для визначення впливу різних конструктивних параметрів на процес

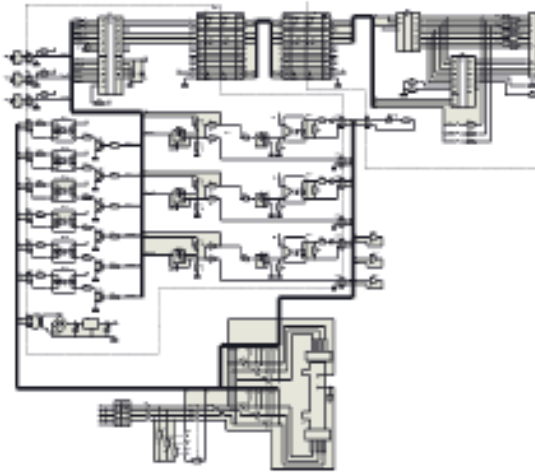


Рис. 2 – Електрична схема керування установкою для дослідження теплоакумулятора

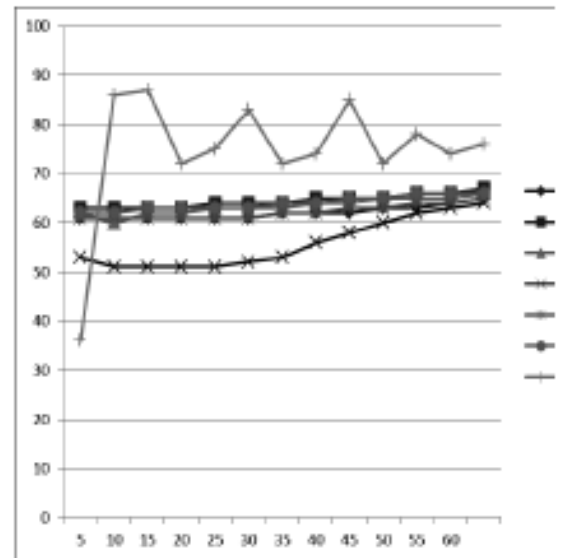


Рис. 3 – Графіки залежностей температури під час виходу теплоакумулятора на номінальний режим роботи

нагрівання об'єкту «нагрівач-рідина-бак» було проведено дослідження з використанням математичних методів планування і аналізу експерименту, що дозволить уникнути недоліків, що властиві однофакторним методам дослідження. Параметром оптимізації була прийнята температура в теплоакумуляторі. Цей параметр оптимізації повністю відповідає вимогам, що висуваються до параметрів оптимізації при плануванні експерименту.

Для отримання уточненої моделі (параметра оптимізації) запропоновано використовувати алгебраїчний поліном другого порядку:

$$y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} x_i^2, \quad (1)$$

де  $b_0, b_{ii}, b_{ij}$  - коефіцієнт регресії;

$x_1, x_2$  - змінні фактори.

Було здійснено рототабельне планування другого порядку для трифакторного експерименту. Прийняті наступні змінні фактори: значення площі теплообмінника –  $X_1$ ; час нагрівання –  $X_2$ ; кількість рідини –  $X_3$ .

Значення були перевірені на однорідність дисперсій похибок по критерію Кохрена. Коефіцієнти рівняння регресії (1) знаходилися за допомогою матричного методу, а також перевірялась їх значимість по довірчих границях за допомогою критерію Стьюдента при 5% рівні значимості. Провівши регресійний аналіз і перевіривши адекватність моделі по критерію Фішера було одержано рівняння регресії. Для одержання натуральних рівнянь підставлено значення кодованого фактора  $X$ , згідно з виразом в отримане рівняння і одержано функцію залежності часу нагрівання рідини. Проведена обробка експериментальних даних дозволила отримати параметр оптимізації (температура), який залежить від факторів (площі теплообмінника, часу та об'єму речовини) для трьох рівнів.

Після проведення оброблення отриманих результатів було отримано рівняння регресії:

$$T_{f1}(S, t, v) = 30.1 + 12.15p + 27.85t - 1.05v - 9.67pt - 37.05vt - 13.45pv - 20.52p^2 + 90.19t^2 + 14.46v^2, \quad (2)$$

де  $S = \frac{S - 128000}{72000}$  - приведені значення площі теплообмінника;

$t = \frac{T - 30}{15}$  - приведені значення часу нагрівання;

$v = \frac{V_p - 0.0000015}{0.0000005}$  - приведені значення кількості рідини.

Отримане рівняння регресії дозволяє описувати процес зміни температури з урахуванням всіх трьох факторів.

З представлених графіків (рис.3, рис.4) видно, що аналітична модель та отримані регресійні залежності з коефіцієнтами задовільно узгоджуються (відносне відхилення експериментальних значень від теоретичних не перевищує для низу - 14%; для середини - 12%; для верху - 13%), що підтверджує правомірність допущень, які були прийняті при обґрунтуванні аналітичної моделі процесу нагрівання. З отриманих результатів у вигляді графіків (рис.3, рис.4) встановлено, що збільшення кількості рідини та площі веде до скорочення часу нагрівання, яке обумовлено фактичною площею теплообмінника. Таким чином, отримане рівняння регресії з достатньою для розрахунків точністю описує процес нагрівання теплоносія в теплоаккумуляторі.

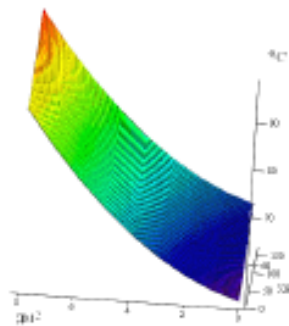


Рис. 4 – Графік залежності нагрівання теплоносія від часу нагріву (хв.) та площі теплообмінника (дм<sup>2</sup>)

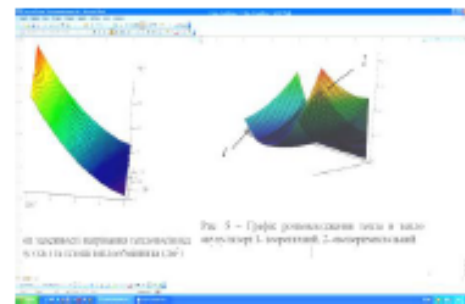


Рис. 5 – Графік розповсюдження тепла в теплоаккумуляторі: 1 – теоретичний, 2 – експериментальний

Це дозволяє використовувати отримані залежності для розрахунків конструктивних та технологічних параметрів побутового теплоаккумулятора.

#### Література

1. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.



2. Forsstrom J. P., Lund P. D., Routti J. T. Economic analysis of heat storage in energy systems // International Journal of Energy Research Volume 11, Issue 1, pages 85–94, January/March 1987

3. Hazami, M., S. Kooli, M. Lazaar, A. Farhat and A. Belghith, 2005. Thermal Performance of a Solar Heat Storage Accumulator Used For Greenhouses Conditioning. Am. J. Environ. Sci., 1: 270-277 сс.

4. Патент №91482 Україна, F24D 11/00. Система опалення приміщень / Г.Б. Параска; С.Л. Горященко; В.Р. Любчик; А.В. Вітюк; заявник і патентовласник Хмельницький національний університет; опубліковано 10.07.2014, Бюл. № 13/2014 – 5 с.

5. Патент №99525, Україна. F24D 15/02, F24D 11/00 Теплоаккумулятор з теплоізолюючою перетинкою / С.Л. Горященко , Г.Б. Параска, А.В. Вітюк, В.Р. Любчик; заявник і патентовласник Хмельницький національний університет; опубліковано 10.06.2015, Бюл. № 11/2015 – 4 с.