

УДК 621.365.5

Пулька Ч.В.<sup>1</sup>, д.т.н., проф., Базар М.С.<sup>2</sup>, Комар Р.В.<sup>1</sup> к.т.н., доц., Сенчишин Віт. С.<sup>1</sup>,  
Допик В.В.<sup>1</sup>, Войціховський М.Р.<sup>1</sup><sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет, Україна<sup>2</sup>ТОВ "СЕ БОРДНЕТЦЕ - УКРАЇНА", Україна**ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ РОЗРОБЛЕННІ  
ЕНЕРГООЩАДНИХ ОПАЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ****Ch. Pulka, Dr., Prof., M. Bazar, R. Komar, Ph.D., Assoc. Prof., V. Senchyshyn,  
V. Dopyk, M. Voitsikhovskyi****APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING IN THE DEVELOPMENT OF  
ENERGY-SAVING HEATING SYSTEMS**

**Abstract.** Based on the application of mathematical modeling, expressions were obtained that allow designing energy-saving induction electric heating systems for heating residential premises and buildings. The proposed mathematical models agree well with experimental studies of their work. This approach allows you to reduce material and labor costs when designing new induction heating systems based on their productivity and power.

Електричні опалювальні системи є перспективним напрямком розвитку теплоенергетики України. Це шлях до енергетичної безпеки та незалежності від дефіцитних викопних енергоресурсів.

В даний час у світі також є актуальною проблема екологічної безпеки, в цьому плані електричні опалювальні системи без сумніву є лідерами, навіть в порівнянні з установками, які працюють на біопаливі, тому, що при роботі електричного приладу не виділяється жодних газів, а електроенергію можна отримувати перетворюючи енергію вітру, сонця та іншими екологічно чистими методами. Крім того електроенергії в Україні виробляється достатньо.

На світовому ринку ведуться розробки та виробництво індукційних нагрівальних систем. Однак для проектування та конструювання таких приладів затрачається велика кількість часу та матеріалів на виготовлення експериментальних прототипів установок враховуючи об'єм нагріваючої рідини. З врахуванням цього для індукційних нагрівальних систем розроблено математичні моделі джерел нагрівання та моделі температурного поля, що встановлюється у теплообміннику. Використано резонанс струмів для підвищення ефективності використання спожитої електроенергії, а також дано рекомендації щодо матеріалів, з яких краще виготовляти індуктор та теплообмінник.

На основі запропонованих математичних моделей розроблені рекомендації для раціонального проектування нових індукційних електричних опалювальних систем.

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень розроблені схеми та експериментальна установка для дослідження роботи індукційного нагрівального пристрою (рис.1).

На рис.2 представлено схему індукційного нагрівального пристрою, а на рис. 3 схему для визначення електромагнітного поля ( $\vec{E}$  і  $\vec{H}$ )

На основі отриманих математичних моделей побудовано розподіл напруженості магнітного та електричного поля на краю та в середині індуктора (рис. 4).

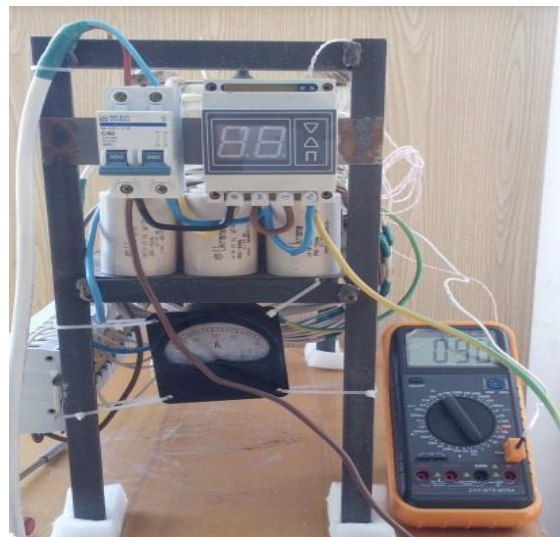
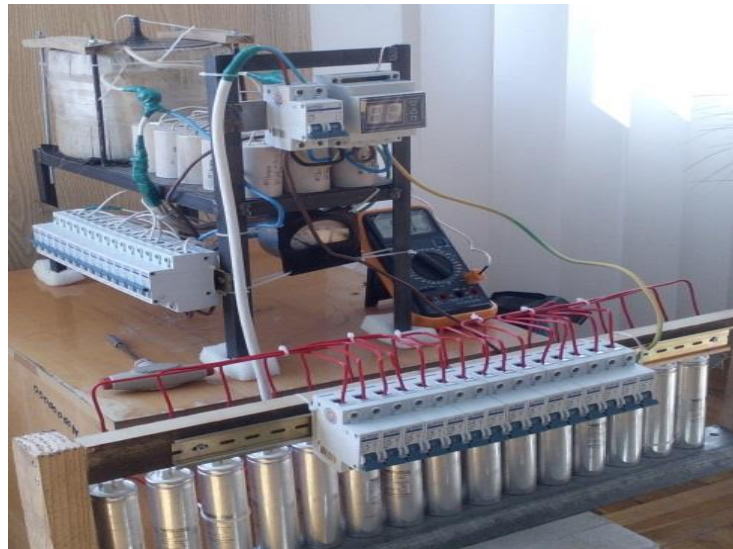
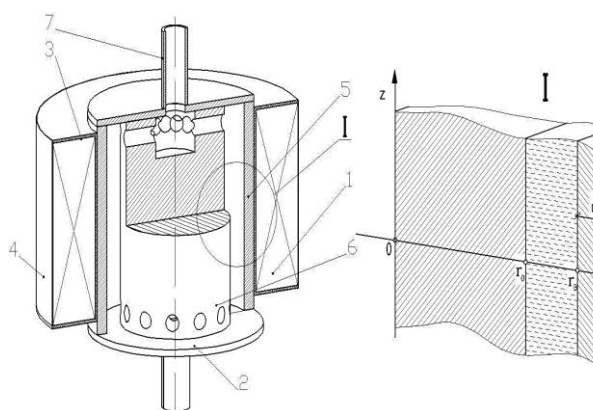
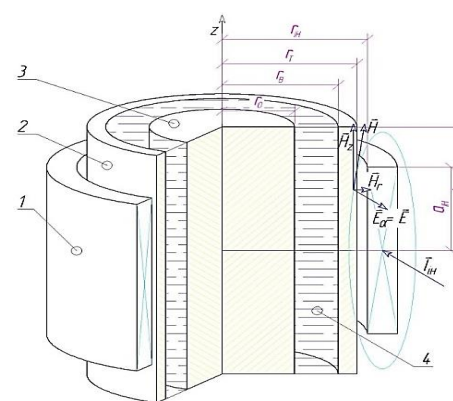


Рис.1 – Експериментальна установка для дослідження роботи індукційного нагрівального пристрою



1 – індуктор; 2 – кришка; 3 – тепло електроізоляційна шпилька електромагнітний екран; 5 – циліндрична магнітопровідна ємкі

Рис. 2. Схема індукційного нагрівального пристрою



1-індуктор, 2 - стінка теплообмінника, 3- осердя, 4 теплоносій

Рис.3. Схема для визначення складових електромагнітного поля ( $\vec{E}$  і  $\vec{H}$ )

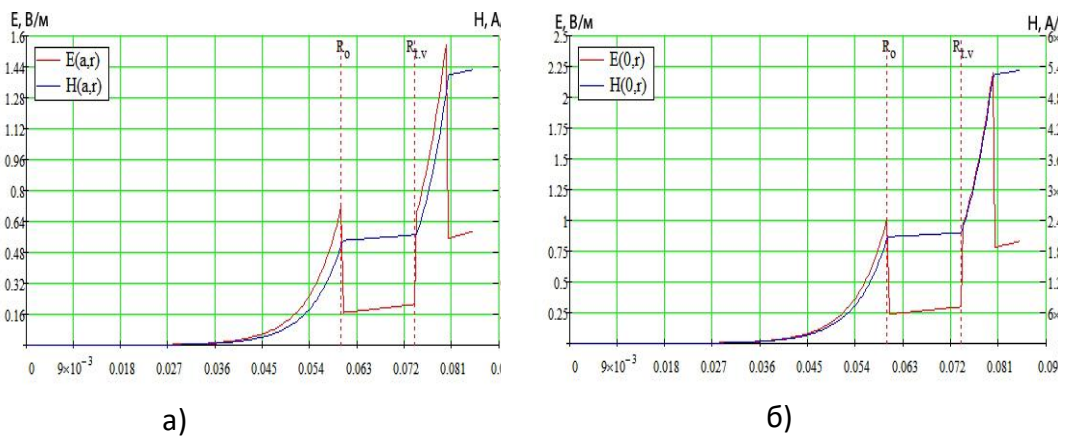


Рис. 4 – Графік розподілу напруженості магнітного  $H$  та електричного  $E$  поля на краю (а), та середині (б) індуктора

З цих рисунків добре видно що напруженість магнітного поля не має стрибків при переході від одного середовища до іншого, на відміну від напруженості електричного поля, яка змінюється скачкоподібно при переході з одного середовища до іншого, при цьому величина скачка залежить від густини поверхневих струмів.

На рис. 5 зображено залежність температури в стінці по довжині теплообмінника, зі сторони індуктора, і теплоносія, при часі нагрівання 10 с і 100 с. З графіків видно, що максимальна температура по середині теплообмінника, нижча ніж на краях. Враховуючи те, що торці теплоізовані, менше значення температури на торцях пов'язано з розподілом електромагнітного поля, а відповідно і питомої потужності теплових джерел які в середині індуктора генеруються інтенсивніше, а на краях має місце розсіювання електромагнітного поля.

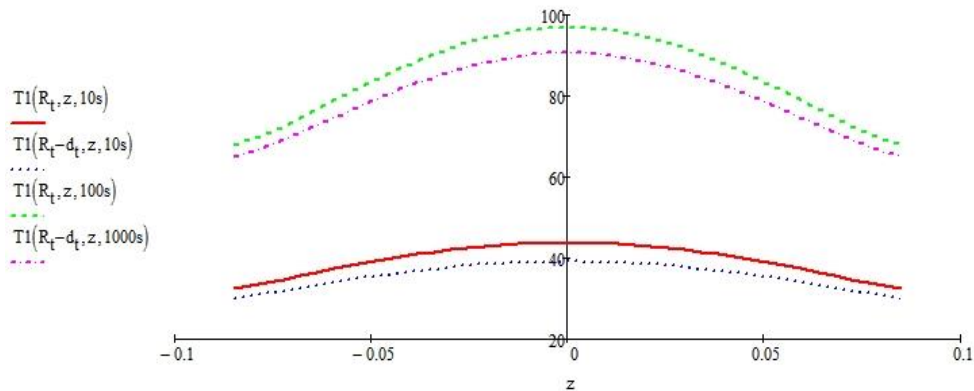


Рис. 5 - Залежність температури в стінці по довжині теплообмінника, зі сторони індуктора, і теплоносія, при часі нагрівання 10 с і 100 с

За результатами проведеного математичного моделювання отримано математичні вирази для знаходження теплової потужності зосередженої в конкретній зоні нагрівального пристрою та струм який протікає в індукторі, з врахуванням геометричних та фізичних параметрів індуктора. Для досягнення підвищення продуктивності роботи пристрою використано резонансний режим.

На основі розроблених математичних моделей дано рекомендації, щодо вибору оптимальної частоти та матеріалу теплообмінника для ефективного конструювання та проектування електричних нагрівальних приладів індукційної дії.