

УДК 621.365

## **ЕЛЕКТРИЧНИЙ КОТЕЛ З НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИМ НАГРІВАЧЕМ**

Овчаров В.В., д.т.н.,

Вовк О.Ю., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-32-63

**Анотація** – робота присвячена розробці електричного котла з низькотемпературним нагрівачем, який призначено для нагрівання води.

**Ключові слова** – електричний котел, низькотемпературний нагрівач, теплова дія струму, потужність, нагрівання води.

*Постановка проблеми.* Опалення та гаряче водопостачання індивідуальних будинків в Україні були та залишаються об'єктом постійного вдосконалення, головна мета якого полягає у зменшенні металоемності, габаритів та вартості систем опалення та гарячого водопостачання, а також у підвищенні їх надійності та енергоефективності.

Одним з джерел енергії для системи гарячого водопостачання індивідуального будинку є електрична енергія. Головним елементом системи гарячого водопостачання індивідуального будинку із використанням електричної енергії є електричний котел [1].

*Аналіз останніх досліджень.* Електричні котли за принципом дії розподіляються на такі групи: прямої дії, не прямої дії, індукційні та вихрові генератори. Електричні котли прямої дії мають багато недоліків, головні серед яких наступні: у процесі роботи знижується коефіцієнт корисної дії, утворюється накип, виникають значні струми витокку, перегоряють електроди. Електричні котли не прямої дії мають менше недоліків, головні серед яких такі: у процесі роботи перегоряє нагрівний елемент, утворюється накип, у разі сухого ходу призводять до виникнення пожеги. Індукційні котли теж мають певні недоліки – це великі габарити та вартість, важко відчищаються від накипу, який утворюється у процесі роботи. Вихрові генератори теж не позбавлені недоліків: великі габарити та вартість, шум при роботі, неможливість регулювання потужності [1 – 3].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою роботи була розробка електричного котла для опалення та гарячого водопостачання з низькотемпературним нагрівачем, який на відміну від наведених вище електричних котлів перетворює електричну енергію в

низькотемпературну теплову енергію, що дозволяє знизити вартість електричного котла та збільшити його строк експлуатації при незмінних теплових показниках [2].

У відповідності до цього було поставлено наступні задачі: розробити конструкцію електричного котла; розробити низькотемпературний електричний нагрівач; визначити максимальну потужність, яка виділяється в обмотці низькотемпературного електричного нагрівача.

*Основна частина.* На кафедрі теоретичної і загальної електротехніки ТДАТУ розроблено електричний котел з низькотемпературним нагрівачем, загальний вигляд якого наведено на рис.1.

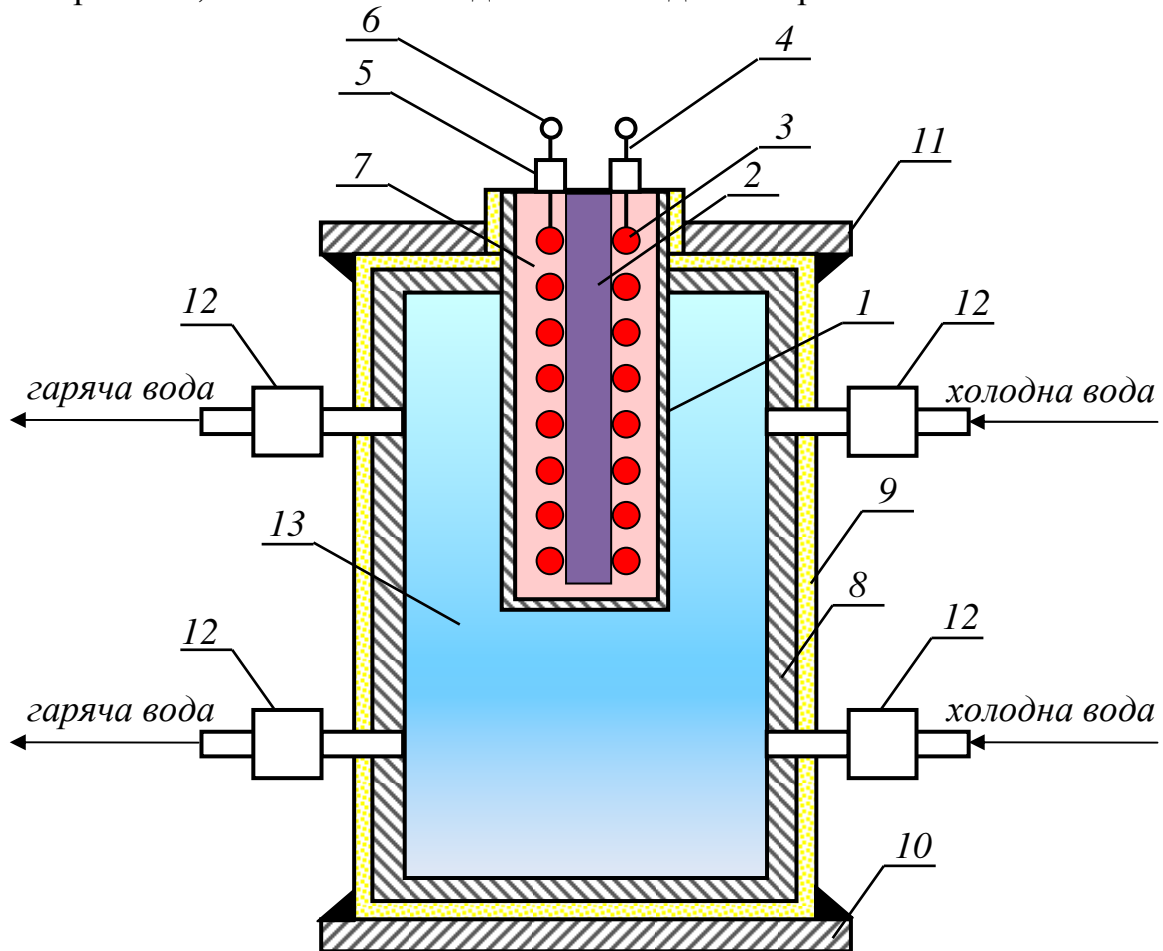


Рис. 1. Загальний вигляд електричного котла з низькотемпературним нагрівачем.

На рис.1 наведено наступні позначення: 1 – корпус електронагрівача; 2 – ізоляційне осердя електронагрівача; 3 – обмотка електронагрівача; 4 – живлячий провід електронагрівача; 5 – ввід; 6 – затискач для підключення електронагрівача; 7 – ізоляційне теплопередавальне середовище; 8 – бак електричного котла; 9 – теплоізоляція; 10 – верхній фланець; 11 – нижній фланець; 12 – кульові крани з патрубками; 13 – вода на нагріві.

Принцип дії електричного котла, приведеного на рис.1, побудований на явище теплової дії електричного струму. До обмотки нагрівального елемента 2, яка встановлена на ізоляційному осерді 3, за допомогою живлячих проводів 4 через вводи 5 підводиться змінна синусоїдна напруга, внаслідок чого в обмотці протікає змінний синусоїдний струм. При протіканні струму в обмотці спостерігається теплова дія електричного струму, внаслідок чого обмотка нагрівається та передає теплову енергію до ізоляційного теплопередавального середовища 7, яке нагрівається та через стінки корпуса 1 електронагрівача передає теплову енергію воді 13. Вода на нагрів поступає до баку 8 електричного котла через кульові крани з патрубками 12. Після нагріву вода знов потрапляє у систему через кульові крани з патрубками 12. Бак електричного котла встановлюється за допомогою верхнього і нижнього фланців 10, 11 та вкривається шаром теплоізоляції 9.

Використовувати вказаний електричний котел пропонується у системах гарячого водопостачання та опалення індивідуальних житлових будинків та виробничих приміщень.

Нагрівальний елемент котла розташовується на дерев'яному осерді та розміщується у сталевій бочці зі з'ємним верхнім дном, об'єм якої залежить від потужності нагрівача. Нагрівальний елемент виготовляється зі сталевий катанки діаметром 3 мм.

Ізоляційне осердя нагрівача виготовляється з дерев'яного бруса. Осердя має чотири стрижні, скріплені зверху та знизу хрестовинами. Розміри осердя залежать від потужності нагрівача. Обмотка нагрівача укладається у пази глибиною 5 мм та висотою 4 мм, кількість яких залежить від потужності нагрівача.

Потужність нагрівача визначається, головним чином, потужністю обмотки нагрівального елемента. Розрахунковий опір нагрівального елемента за температури 20°C визначається формулою [4]:

$$R_{20} = \rho_{20} \frac{l}{S}, \quad (1)$$

де  $R_{20}$  – розрахунковий опір обмотки нагрівального елемента за температури 20°C, Ом;

$\rho_{20}$  – питомий опір сталі за температури 20°C, Ом;

$l$  – розрахункова довжина обмотки нагрівального елемента, м;

$S$  – площа поперечного перерізу обмотки нагрівального елемента, мм<sup>2</sup>.

Один виток обмотки нагрівального елемента буде являти собою прямокутник, який складається із чотирьох прямокутних трикутників з однаковими катетами. Гіпотенузи цих трикутників є сторонами прямокутника витка обмотки. З урахуванням довжини внутрішніх під-

ключень максимально можлива розрахункова довжина обмотки нагрівального елемента буде дорівнювати 72 м.

Питомий опір сталі за температури 20°C дорівнює 0,139 Ом·мм<sup>2</sup>/м [4], а площа поперечного перерізу дорівнює 7,07 мм<sup>2</sup>. Тому розрахунковий опір сталі при температурі 20°C становить:

$$R_{20} = 0,139 \frac{72}{7,07} = 1,42 \text{ Ом.}$$

У свою чергу, розрахунковий опір сталі при температурі 100°C (тобто в номінальному режимі роботи котла) визначається формулою [4]:

$$R_{100} = R_{20} (1 + \alpha \cdot 80), \quad (2)$$

де  $\alpha$  – температурний коефіцієнт опору сталі, 1/°C.

Для сталі  $\alpha = 0,006$  1/°C [4], тому розрахунковий опір сталі при температурі 100°C (тобто в номінальному режимі роботи котла) дорівнює:

$$R_{100} = 1,42 \cdot (1 + 0,006 \cdot 80) \approx 2,1 \text{ Ом.}$$

Розрахункове діюче значення сили струму  $I_H$  обмотки нагрівального елемента в номінальному режимі роботи котла при напрузі живлення  $U_H = 220$  В дорівнює [4]:

$$I_H = \frac{U_H}{R_{100}}; \quad (3)$$

$$I_H = \frac{220}{2,1} = 104,8 \text{ А.}$$

Тому з'єднання нагрівального з живлячими проводами здійснюється за допомогою введів низької напруги ВСТ-1/250 (або введів ВСТ 0,5/100 для нагрівального елемента меншої потужності).

Розрахункова потужність нагрівального елемента в номінальному режимі роботи котла дорівнює [4]:

$$P_H = R_{100} \cdot I_H^2; \quad (4)$$

$$P_H = 2,1 \cdot (104,8)^2 \approx 23064 \text{ Вт} \approx 23 \text{ кВт.}$$

Ізоляційним теплопередавальним середовищем є трансформаторна олія. Баком котла є сталева бочка зі з'ємним верхнім дном, об'єм якої залежить від потужності котла. Приєднання корпусу нагрівача до баку виконується за допомогою зварного з'єднання. Для теплової ізоляції котла використано мати з мінеральної вати ALFAROCK, які вкриті підсиленою алюмінієвою плівкою, що приклеєна до слою мінеральної вати. Максимально можливий об'єм води, що підігрівається у котлі, становить 0,16 м<sup>3</sup>.

**Висновок.** В результаті досліджень розроблена конструкція електричного котла з низькотемпературним водонагрівачем потужністю

23 кВт, який на відміну від звичайних електричних котлів перетворює електричну енергію в низькотемпературну теплову енергію, що дозволяє знизити вартість електричного котла та збільшити його строк експлуатації при незмінних теплових показниках.

#### Література

1. Корчемний М. Энергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

2. Низкотемпературный электронагрев / [А.П. Альтгаузен, М.Б. Гутман, С.А. Малышев и др.] // Под ред. А.Д. Свенчанского. – М.: Энергия 1978. – 207 с.

3. Свистунов В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства / В.М. Свистунов, Н.К. Пушняк. – М.: Политехника, 2001. – 214 с.

4. Багаев А.А. Электртехнология / А.А. Багаев, А.И. Багаев, Л.В. Куликова. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – 320 с.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОТЁЛ С НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ НАГРЕВАТЕЛЕМ

Овчаров В.В., Вовк А.Ю.

#### *Аннотация*

**Работа посвящена разработке электрического котла с низкотемпературным нагревателем, который предназначен для нагрева воды.**

## ELECTRIC COPPER WITH THE LOW-TEMPERATURE HEATER

V. Ovcharov, O. Vovk

#### *Summary*

**Work is devoted to development of an electric copper with the low-temperature heater which is intended for water heating.**