

РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЗОНУВАННЯ ВУЛИКІВ І ГЕОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ОХОЛОДЖУВАЧА НА БАЗІ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕЛЬТЬЄ

Савченко В.М., к.т.н.,
Шевеленко В.В. інж.

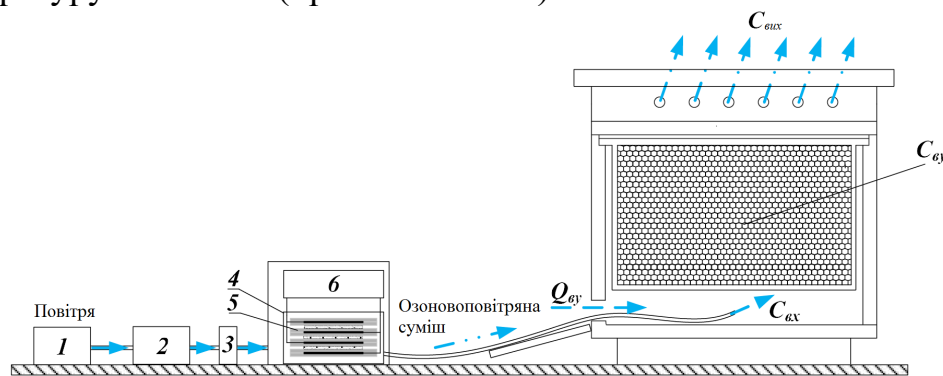
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

Постановка проблеми. Сучасне бджільництво неможливо собі уявити без електротехнологій та електрообладнання, які прискорюють роботу і полегшують працю бджоляра, що в кінцевому підсумку підвищує продуктивність усієї пасіки. Це стосується не тільки процесів переробки продукції бджільництва (наприклад, сушіння бджолиної перги і пилку в конвективних сушильних камерах, передпродажна підготовка меду за допомогою рекристалізаторів тощо), а й технологічних операцій пов'язаних з утриманням бджіл. Так, наприклад, проведенням профілактичних і лікувальних заходів на пасіці за допомогою електрофізичного обладнання вже давно нікого не здивуєш. Сюди можна віднести: боротьбу з варроатозом за допомогою теплових камер, дезінфекцію вуликів і стільників, а також лікування бджіл розчинами аноліту й озоном, які отримують відповідно за допомогою електролізерів води та електроозонаторів.

Основні матеріали досліджень. Для впровадження охолоджувача в електротехнологічний процес озонування бджолиних вуликів необхідно визначити його місце в ньому. Стандартна схема містить компресор, що подає повітря в електроозонатор, з якого утворена в ньому озоноповітряна суміш через систему гнучких шлангів надходить до одного або кількох бджолиних вуликів. Тому можливі 2 варіанти установки. Після електроозонатора для охолодження озоноповітряної суміші з метою унеможливити негативний вплив високих температур на бджіл. Або між компресором і електроозонатором, що дасть можливість не тільки знизити температуру озоноповітряної суміші, а й знизити нагрів розрядного пристрою, що, як було показано в попередньому розділі, збільшує його продуктивність і надійність роботи. На нашу думку, найбільшого позитивного ефекту можна досягти за 2 варіанту встановлення охолоджувача. Але варто зазначити, що в будь-якому з цих варіантів присутня необхідність осушення повітря внаслідок виникнення перепаду температур і появи вологи, яка не бажана ні у вулику, ні всередині електроозонатора. Тому після охолоджувача необхідно ставити повітряні фільтри-вологовідділювачі для усунення цього недоліку. Таким чином, конструктивно-технологічна схема озонування з пропонованим охолоджувачем матиме вигляд, показаний

на рис. 1.

У багатьох роботах було визначено мінімальну подачу компресора для електроозонатора, що дорівнює 70 л/хв або 42 м³/год. З урахуванням додавання в систему "компресор-охолоджувач" додаткового повітряного опору у вигляді охолоджувача доцільніше прийняти більшу продуктивність компресора. Так у тій самій роботі експериментальні дослідження проводилися на базі компресора з продуктивністю 125 л/хв (7,5 м³/год). Для проведення математичного опису і подальшого комп'ютерного моделювання поставленої задачі спочатку необхідно визначити конструкцію охолоджувальної установки, що розглядається, та основні її параметри. Так, для вибору марки і кількості елементів Пельтьє в охолоджувачі, в першому наближенні, необхідно знати, яку кількість потужності P_C необхідно затратити на охолодження повітря, що підводиться від компресора. Температура повітря на виході з компресора залежно від температури навколишнього середовища може становити 35...45°C (прийємо 40°C), а температура на вході в електроозонатор згідно з повинна мати температуру 10...20°C (прийємо 20°C).



1 – компресор, 2 – охолоджувач, 3 – фільтр-вологовіддільник, 4 – корпус електроозонатора, 5 – розрядний пристрій, 6 – джерело живлення електроозонатора

Рис. 1. Зображення конструктивно-технологічної схеми озонування вуликів з охолоджувачем повітря, що надходить до електроозонатора.

Звичайними складовими охолоджувачів на базі елементів Пельтьє є: самі елементи у вигляді термоелектричних модулів (ТЕМ), кулери для відведення тепла і холоду від них. Існує велика різноманітність ТЕМ.

Вони мають різні розміри і бувають найчастіше квадратної, рідше прямокутної форми. Як правило, розмір сторін ТЕМ становить від 1 до 4 см. Відповідно до габаритів у ТЕМ розміщується різна кількість напівпровідникових елементів, від чого залежать їхні основні характеристики: максимальна холодопродуктивність P_{Cmax} , максимальний струм I_{max} , максимальна напруга U_{max} , максимальна різниця температур ΔT_{max} між боками модуля за температури гарячого

боку, що дорівнює 300 К (табл. 1).

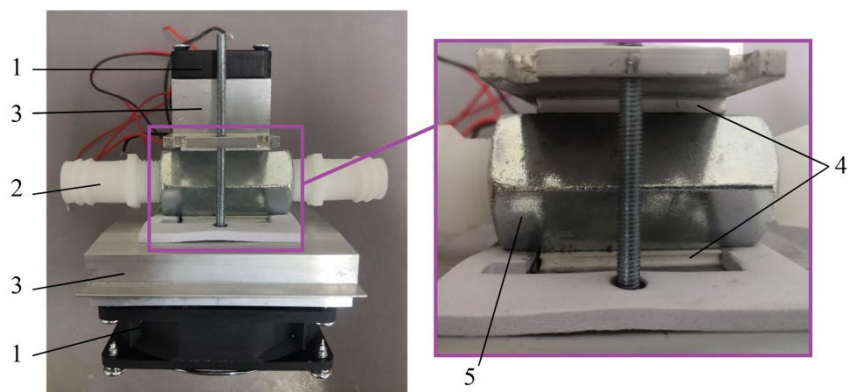
Таблиця 1

Характеристики найпоширеніших на ринку ТЕМ

Найменування	I_{max} , А	U_{max} , В	P_{Cmax} Вт	ΔT_{max}	Габаритні розміри, мм
TEC1-127060-40	6	15,6	54,9	65	40×45×4
TEC1-127040-45	4	15,5	35,6	65	40×45×4,8
TEC1-127030-30	3	14,5	25,1	65	30×35×4
TEC1-017040-15	4	2	4,7	65	15×20×4,8
TEC1-065040-4Н	4	7,6	17,8	65	40×25×4,8
TEC1-035030-3Н	3	4,2	7,4	65	30×20×4,8

Природно, що найбільшу холодопродуктивність матимуть ТЕМ з більшою площею сторін. Номінальна напруга стандартних ТЕМ становить, як правило, або 5, або 12 В. Для даної задачі краще останнє, оскільки найчастіше в умовах пасіки відсутній доступ до звичної системи електропостачання, але існує можливість живлення від акумуляторних кислотних батарей (АКБ).

У наших дослідженнях показано, що неможливо значно знизити температуру повітря, що подається в охолоджувач, в установці, де повітря одноразово проходить через невеликий радіатор, встановлений на холодній стороні ТЕМ. Так в установці, представлений на рис. 2, температура повітря, що подається від компресора, впала всього лише на 1,7 °С.



1 – вентилятор, 2 – патрубок для підведення повітря, 3 – радіатори, встановлені на гарячих сторонах елементів Пельтьє, 4 – елементи Пельтьє, 5 – з'єднувальна гайка – радіатор на холодному боці ТЕМ.

Рис. 2. Фотографії варіанта охолоджувача на базі елементів Пельтьє.

Тому для істотного зниження температури повітря, що подається в охолоджувач, необхідно, щоб воно якомога довше контактувало з поверхнею холодного радіатора, а для цього в ньому має бути зигзагоподібний канал. Радіатори з таким каналом найчастіше використовуються для охолодження води і розрізняються різною довжиною. Такі радіатори представлені на рис. 3. Як правило, вони

мають стандартну ширину 4 см, що визначає в нашому випадку розміри ТЕМ – 40×40 мм.

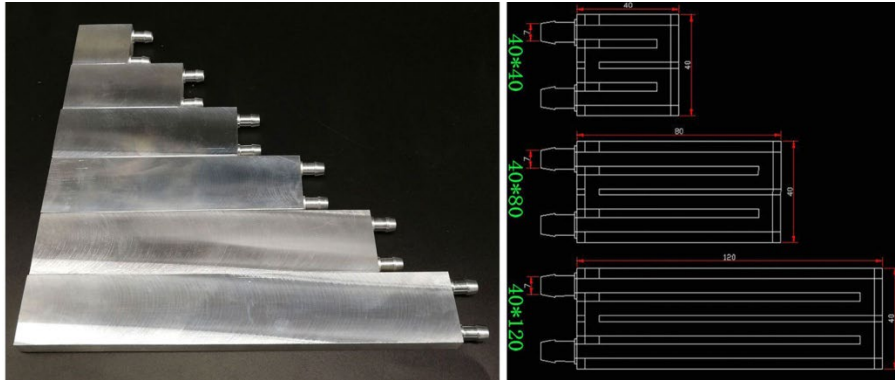


Рис. 3. Зображення радіаторів водяного охолодження (зліва) та їхня внутрішня конструкція (праворуч).

Визначивши розміри ТЕМ, а також необхідну холодопродуктивність P_{Cmax} , згідно з табл. 1 можна вибрати 1 ТЕМ типу ТЕС1-127060-40 ($P_{Cmax}=54,9$ Вт). Але для отримання необхідного значення РС потрібна дуже ефективна система охолодження, що сильно збільшує масогабаритні показники охолоджувача, до того ж робота за максимальних значень струму призводить до швидкої деградації ТЕМ.

При цьому, як було зазначено вище, за малої площі обраного ТЕМ час контакту повітря з його холодною поверхнею малий. Щоб його збільшити, а також знизити навантаження на ТЕМ, згідно з характеристиками ТЕС1-127060-40, представленими на рисунку 2.4, оберемо 8 ТЕМ такого типу, що працюють за сили струму 1,5-2 А. У цьому випадку значення РС кожного ТЕМ за прийнятої раніше різниці температур $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ становитиме близько 5...7 Вт, що в сумі дасть необхідну холодопродуктивність від 48 до 56 Вт.

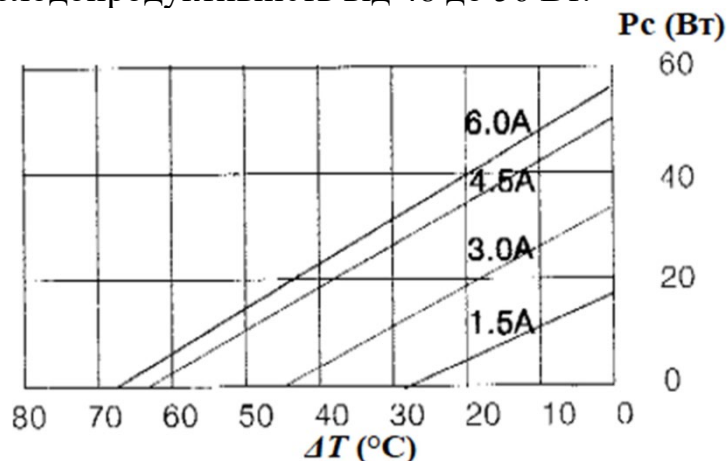
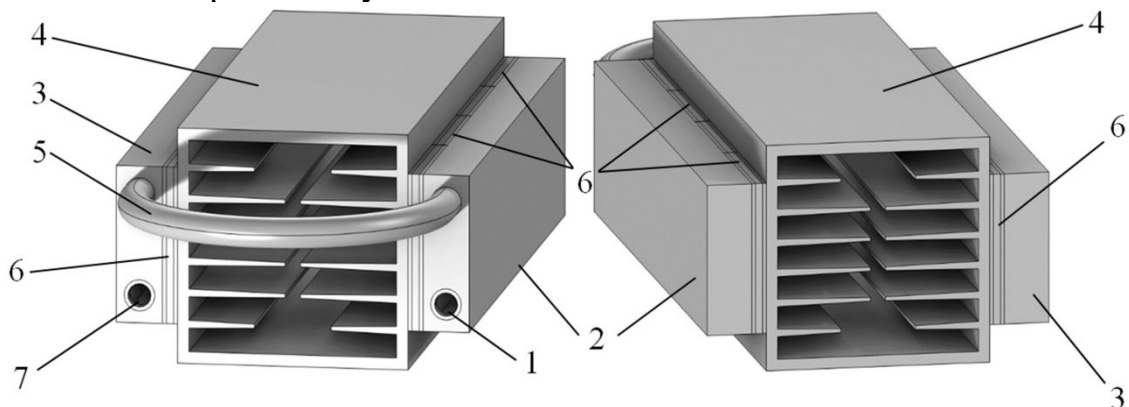


Рис. 4. Графіки залежності холодопродуктивності ТЕС1-127060-40 від сили струму і різниці температур між холодним і гарячим боками.

Для дослідження нами було обрано 2 каналних радіатори

завдовжки 16 см, що дає змогу відводити холод із 8 обраних ТЕМ (по 4 ТЕМ на кожному радіаторі). Вони будуть з'єднані послідовно за допомогою гнучкого шланга. Для відведення тепла з гарячих боків ТЕМ достатньо одного загального радіатора та одного вентилятора.

Таким чином, геометрична модель досліджуваної конструкції охолоджувача буде виглядати, як показано на рис. 5. У геометричній моделі не показано вентилятор, що створює потік уздовж ребер гарячого радіатора, оскільки, на нашу думку, його корпус не має значущого впливу на теплові процеси, що розглядаються, а швидкість потоку повітря, яку він створює, може бути задана за допомогою відповідної граничної умови.

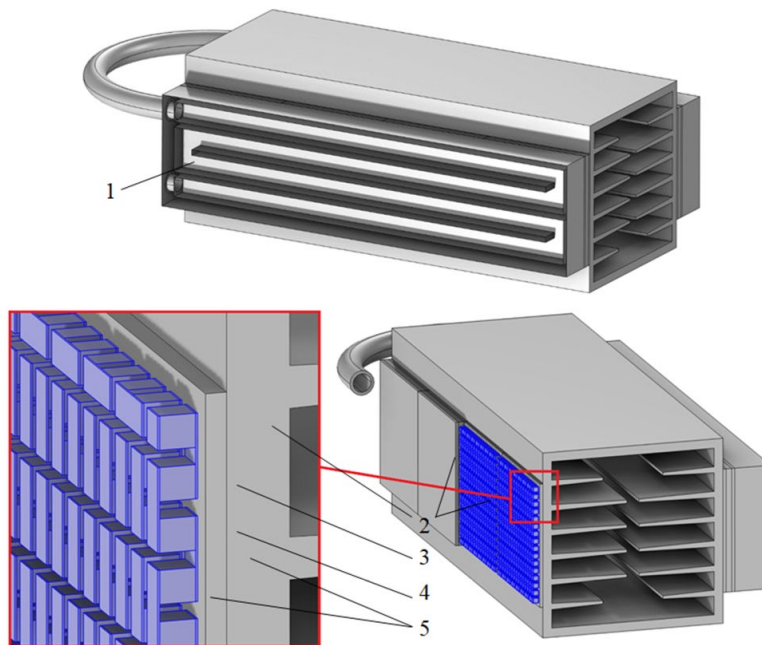


1 – вхідний повітряний отвір, 2 – перший "холодний" радіатор, 3 – другий "холодний" радіатор, 4 – "гарячий" радіатор, 5 – силіконовий гнучкий трубопровід, що з'єднує радіатори 2 і 3, 6 – елементи Пельтьє, 7 – вихідний повітряний отвір.

Рис. 5. Зображення досліджуваної геометричної моделі

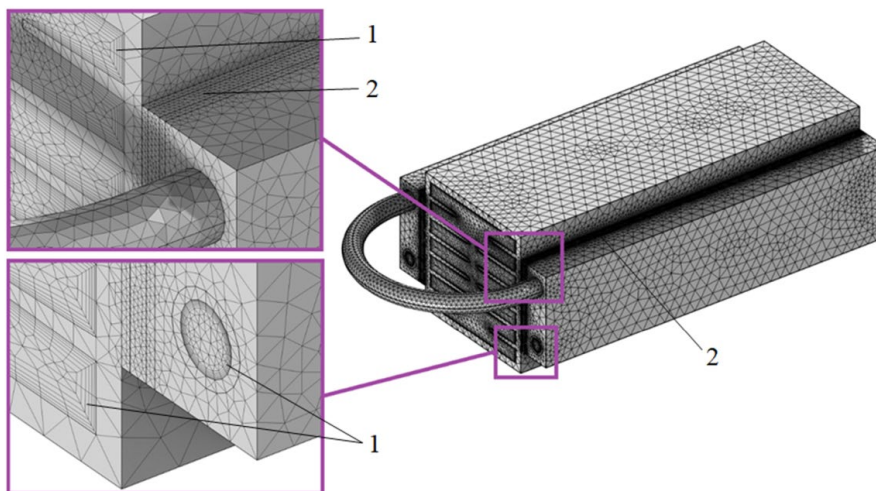
На рис. 6 показано внутрішню будову елементів охолоджувача.

Для комп'ютерного моделювання геометричної області, яку ми розглядаємо, методом скінченних елементів було створено сітку, яка складається з більш ніж 10 млн. елементів (тетраєдрів). Середня якість елементів дорівнює 0,62, що свідчить про хорошу якість отриманої сітки (має бути не менше 0,6). На "твердих" кордонах моделі, що стикаються з потоками повітря, було побудовано так звану прикордонну сітку для кращої збіжності гідродинамічної задачі. Області розглянутої геометричної моделі, що мають малі розміри порівняно з усією моделлю, як-от ТЕМи та їхні елементи, складаються з набагато дрібніших елементів сітки, ніж, наприклад, алюмінієві радіатори (рис. 7).



1 – зигзагоподібний повітряний канал в одному з радіаторів згідно з рис. 2, 2 – керамічні пластини з Al_2O_3 , 3 і 4 – напівпровідникові елементи p і n типу, 5 – мідні пластини, що з'єднують напівпровідникові елементи 3 і 4

Рис. 6. Внутрішня будова елементів охолоджувача



1 – пограншарова сітка для поліпшення збіжності гідродинамічної задачі, 2 – дрібні елементи сітки

Рис. 7. Зображення сітки, побудованої для комп'ютерного моделювання даної моделі методом скінченних елементів

Для подальшого проведення комп'ютерного моделювання необхідно визначити процеси, що протікають у геометричній області, що розглядається.

Висновки. В роботі обґрунтовано конструктивно-технологічну схему озонувальної установки, визначено необхідну холодопродуктивність охолоджувача, що становила 50 Вт, за умови подачі компресора $7,5 \text{ м}^3/\text{год}$ для зниження температури вхідного повітря на 20°C .