

УДК 621.565.93

Д.О. Долгіх, асп.², О.С. Ковязін, ст. наук. співр., канд. техн. наук, докторант³
Є.О. Ренсевич, ст. наук. співр.

ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН

Результати експериментальних досліджень роботи повітряного ґрунтового теплообмінника

Проведені експериментальні дослідження роботи повітряного ґрунтового теплообмінника, визначені оптимальні параметри при роботі ґрунтового повітряного теплообмінника.
геотермальна вентиляція, ґрунтовий теплообмінник, математична модель, теплова потужність

Д.А. Долгих, А.С. Ковязин, Е. А. Ренсевич

ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН

Результаты экспериментальных исследований работы воздушного ґрунтового теплообменника

Проведены экспериментальные исследования работы воздушного ґрунтового теплообменника, определены оптимальные параметры при работе воздушного ґрунтового теплообменника
геотермальная вентиляция, ґрунтовый теплообменник, математическая модель, тепловая мощность

Проблема. Забезпечення оптимального мікроклімату в тваринницьких приміщеннях вимагає значних витрат енергії. Усі відхилення від нормативних параметрів повітряного середовища негативно впливають на продуктивність тварин та ефективність виробництва. Внаслідок постійно зростаючої ціни енергоносіїв у всьому світі інтенсивно розвивається альтернативна енергетика: вітрова, сонячна, біогазова, геотермальна і т.д., що свідчить про актуальність розробок у цьому напрямку. Робочими органами геотермальної вентиляції є ґрунтові теплообмінники, що дозволяють використовувати теплову енергію поверхневих шарів ґрунту. Для обґрунтування параметрів геотермальної вентиляції теоретично було визначено теплову потужність ґрунтового теплообмінника [1]. Експериментальне визначення теплової потужності вимагає досить тривалих дослідів у часі, тому, з цією метою була створена експериментальна установка, що дає змогу у повному обсязі провести експериментальні дослідження, результат роботи якої з високою точністю відображає процес тепловідбору з масиву ґрунту.

Аналіз останніх джерел і публікацій. В роботі [1] теоретично визначена теплова потужність окремо взятого ґрунтового теплообмінника при різних його діаметрах, що є початком вирішення проблеми. В роботі [2] при визначенні кількості теплоти, одержуваної від системи ґрунтових теплообмінників, їх взаємовплив не враховувався. У дослідженнях [3] експериментально визначено температурне поле ґрунтового теплообмінника. Однак експерименти проводилися на фізичній моделі ґрунтового теплообмінника, що має незмінну довжину і діаметр, а також незмінний тип і вологість ґрунту, що дозволяє стверджувати про достовірність отриманих результатів тільки для певних умов функціонування геотермальної вентиляції.

© Д.О. Долгіх, О.С. Ковязін, Є.О. Ренсевич, 2013

² Науковий керівник – Ковязін О. С., ст. наук. співр., канд. техн. наук

³ Науковий консультант – Шевченко І. А., проф., д-р техн. наук, чл.-кор. НААН

Мета. Визначити експериментальним шляхом оптимальні робочі параметри повітряного ґрунтового теплообмінника. Ґрунтуючись на отриманих експериментальних дослідженнях визначити ефективну теплову потужність повітряного ґрунтового теплообмінника.

Матеріали і методи. Дослідження проводились на експериментальній установці в приміщенні кролеферми відділу біоекотехнічних систем в тваринництві, розташованому на о. Хортиця. Дані, отримані з багатоканального пристрою моніторингу температури оброблялись за допомогою комп'ютерних програм «Excel» та «Mathematica». Термін проведення досліджень – 1.05.2013 – 1.09.2013. Температура зовнішнього повітря – 18 - 34°C. Тип ґрунту – суглинистий. Вологість ґрунту – 7,4 %. Щільність ґрунту – 1800 кг/м³.

Результати досліджень. Експериментальна установка (рис.1) складається з вертикального ґрунтового теплообмінника, системи подачі повітря та реєстрації температури зовнішнього і припливного повітря.



Рисунок 1 – Експериментальна установка

Ґрунтовий теплообмінник конструктивно складається з наступних основних частин:

- обсадної поліпропіленової труби, яка розміщена в вертикальній свердловині, а на поверхні має вихідний теплоізолюваний патрубок;
- діаметрально розміщеного в корпусі теплообмінника за допомогою центруючих дистанційних втулок-завихрювачів нагнітаючого повітропроводу;
- нагнітаючого відцентрового вентилятора.

Обсадна труба окрім свого основного призначення виконує роль корпусу теплообмінника і служить як теплообмінна поверхня між ґрунтом і повітрям, яке прокачується в міжтрубному просторі.

По нагнітаючому повітропроводу зовнішнє повітря попадає в нижню частину теплообмінника, а дистанційні втулки-завихрювачі інтенсифікують процес теплообміну між корпусом і повітрям. Вентилятор забезпечує подачу повітря в теплообмінник. Для

регулювання подачі застосовується частотний перетворювач Danfoss VLT Micro Drive M3. Для запису на флеш-пам'ять значень температур зовнішнього і припливного повітря був розроблений багатоканальний пристрій.

Із теоретичного аналізу процесу відбору тепла з масиву ґрунту, можна зробити висновок що його характер залежить від ряду факторів. Відповідно, при експериментальних дослідженнях цього процесу необхідно виходити із технологічних можливостей зміни параметрів, а це потребує проведення великої кількості дослідів. Для скорочення числа дослідів при збереженні достовірності інформації про технологічний процес скористаємося методами теорії планування експериментів (табл. 1).

Таблиця 1 – Параметри, що варіювалися в експерименті по визначенню їх впливу на показники ефективної теплової потужності при роботі геотермальної системи вентиляції

Найменування	Значення		
Позначення фактору	X1	X2	X3
Найменування фактору	Об'ємна подача повітря Q , м ³ /год	Час роботи геотермальної вентиляції t , с	Температура зовнішнього повітря T_1 , °C
Верхній рівень фактора (+1)	500	11×10^6	34
Основний рівень параметра (x_0)	375	$5,5 \times 10^6$	29
Нижній рівень фактора (-1)	250	0	24
Інтервал варіювання (h_i)	125	$5,5 \times 10^6$	5
Функція відгуку	P – ефективна теплова потужність, Вт		

Досліди проводились за планом повного трьох-факторного експерименту ПФЕ 2^3 , при варіюванні факторів використовувалась матриця планування експериментів Бокса–Бенкіна [4].

Під час проходження повітря через ґрунтовий теплообмінник воно взаємодіє зі стінками обсадної труби і охолоджується (або нагрівається), відбирає теплову енергію з масиву ґрунту, тому, в якості критерію оптимізації було обрано ефективну теплову потужність геотермальної вентиляції:

$$P = P_m - P_n, \quad (1)$$

де P_m – термічна потужність геотермальної вентиляції, Вт;

P_n – потужність, яка необхідна для прокачування повітря через геотермальну вентиляцію, Вт.

Потужність, яка необхідна для прокачування повітря через геотермальну вентиляцію, визначалась експериментально за допомогою частотного перетворювача Danfoss VLT Micro Drive M3.

У результаті отримано наступне рівняння регресії, що описує досліджуваний процес за встановленим параметром оптимізації:

$$P_{\text{ef.m.}} = -786,67 + 2,37Q - 0,0055Q^2 - 18,13t - 0,054Qt + 1,57t^2 + 7,998T + 0,0628QT + 0,01545tT + 0,308T^2 \quad (2)$$

Отримане рівняння регресії дозволяє оцінити вплив факторів на тепловідбір з масиву ґрунту при роботі вертикального ґрунтового теплообмінника. За результатами аналізу впливу досліджуваних факторів побудовані поверхні відгуку (рис. 2а, 2б, 2в).

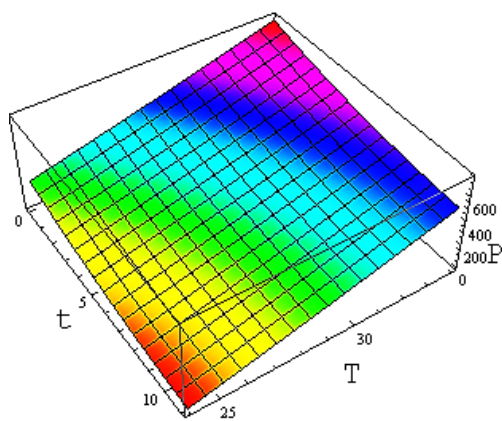


Рисунок 2а – Залежність ефективної теплової потужності від часу функціонування і температури на вході в теплообмінник

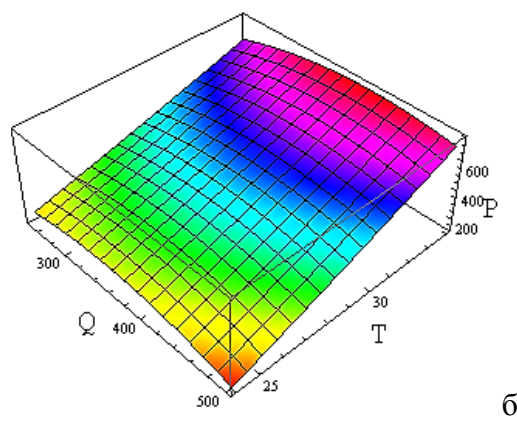


Рисунок 2б – Залежність ефективної теплової потужності від об'ємної подачі повітря і температури на вході в теплообмінник

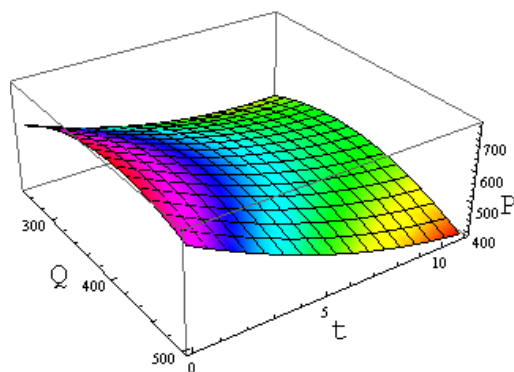


Рисунок 2в – Залежність ефективної теплової потужності від об'ємної подачі повітря і часу функціонування геотермальної вентиляції

Отримане рівняння оптимуму характеризує, що максимальна ефективна теплова потужність (P , Вт) дорівнює 750Вт при наступних умовах – об'ємна подача повітря (Q , м³/год) дорівнює 403,8м³/год; час функціонування геотермальної вентиляції (t , с) дорівнює 0 с.; температура зовнішнього повітря (T_1 , °С) дорівнює 34°С.

За чотири місяці роботи повітряного ґрунтового теплообмінника температура на виході з нього поступово підвищувалась, і у кінці дослідження було зафіксовано підвищення температури на 1,8⁰С. Отримані дані свідчать про оптимальність вибору меж досліджуваних параметрів.

Висновки. З підвищенням температури на вході в ґрунтовий теплообмінник підвищується вихід теплової енергії. Зі зниженням об'ємної подачі підвищується вихід теплової енергії, але до певної межі (менше 200м³/год). Час функціонування геотермальної вентиляції впливає на енерговідбір, чим довше працює повітряний геотермальний теплообмінник тим інтенсивніше відбувається підвищення температури на виході з ґрунтового теплообмінника. Підвищення температури на 1,8⁰С спостерігалось у період 11×10⁶с. (трохи більше чотирьох місяців). Значний вплив на ефективну теплову потужність чинить температура на вході в ґрунтовий теплообмінник, чим вона вище, тим інтенсивніше

відбувається енерговідбір, і ефективна теплова потужність зростає. Отримані оптимальні параметри роботи вертикального ґрунтового теплообмінника: $P=750\text{Вт}$, при $Q=403,8\text{м}^3/\text{год}$, $t=0\text{ с.}$, $T_I=34^\circ\text{C}$.

Список літератури

1. Ковязин А. С. Теоретическое определение тепловой мощности ґрунтового теплообменника / А. С. Ковязин, И. Г. Величко, Д. А. Долгих // Збірник наукових праць Інституту механізації тваринництва НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві». – Вип. 1(9). – Запоріжжя, 2012. – С. 56-63.
2. Головаха В. П. Геотермальний повітряний теплообмінник / В. П. Головаха, Ю. А. Філоненко, А. В. Шапошнікова // Збірник наукових праць ІМТ УААН «Механізація, екологізація, та конвертація біосировини у тваринництві». – Вип. 1(1). – Запоріжжя, 2008. – 40с.
3. Дослідити вплив параметрів умов утримання тварин на їх розвиток на основі використання поновлюваних джерел енергії: Звіт про НДР (заключ.) / Ін-т мех. тваринництва НААН. – 40.04-004: № ДР 0107U009306. – Запоріжжя, 2010. – 214 с.
4. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Роцин // 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. Отд-ние 1980. – 97с.

Denis Dolgikh, Alexey Kovyazin, Eugenie Rencevich

National Scientific Centre

"Institute for Agricultural Engineering and Electrification" of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

The Results of the Experimental Studies of the Air Ground Heat Exchanger

To determine experimentally – optimal operating parameters, the effective thermal capacity of the air-ground heat exchanger was the purpose of work.

This paper deals with the description of the experimental apparatus – air-ground heat exchanger, of the varied factors – the volumetric air feeding Q , m^3/h ., the time of the work of the geothermal ventilation t , sec., the outside air temperature $T_I^\circ\text{C}$, and parameter of optimization – effective heat power P , W . Based on the data obtained from the experimental apparatus, was received the equation of regression, which describes investigated process to the parameter of the optimization. According to the analysis of the investigated factors obtained response surface. The resulting optimum of equation describes that the maximum effective heat power equal to 750W , in the following conditions: the volumetric air feeding (Q , m^3/h) is equal to $403.8\text{ m}^3/\text{h}$; the time of the work of the geothermal ventilation (t , sec.) is equal to 0 sec. ; the outside air temperature ($T_I^\circ\text{C}$) is equal to 34°C .

With increasing of the temperature, at the inlet to air-ground heat exchanger be on the increase the output of the thermal energy. With the decline of the volumetric air feeding increases the output of the thermal energy, but to a certain limit ($200\text{m}^3/\text{h}$). Time of the operation of the geothermal ventilation affects the energy extraction. As longer works the air-ground heat exchanger thereby intensive occurs temperature increase at the outlet of air-ground heat exchanger.

geothermal ventilation, ground heat exchanger, a mathematical model, the thermal power

Одержано 10.09.13