



УДК 621.577.2

DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-21

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Ренсевич Є. О., с.н.с.,

Парієва О. В., інженер

*Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва*

E-mail: imtuaan@ukr.net

Тел./факс (061) 289-81-44

**Анотація** – в даній роботі приведені результати експериментальних досліджень системи геотермальної вентиляції. Аналітичні рішення не дають конкретних, доступних для інженерних розрахунків результатів. Тому, авторами поставлена задача експериментального дослідження системи геотермальної вентиляції в літніх та зимових умовах. Встановлено, що теплова потужність однієї свердловини глибиною 15м площею теплообміну  $9,42\text{м}^2$  з коаксильними пластиковими трубами діаметром 100 та 200 мм влітку при  $+40^\circ\text{C}$  досягає 1,6кВт при витратах електрики в вентиляторі 0,46 кВт, а взимку при мінус  $10^\circ\text{C}$  аналогічно отримуємо 1,3кВт.

Дослідження теплових процесів проводились на системі геотермальної вентиляції, розташованій на о.Хортиця на свердловині в глині глибиною 15м з коаксильними пластиковими полівінілхлоридними трубами.

Розраховано модель вихідної теплової потужності системи геотермальної вентиляції, яка збільшується пропорційно об'ємній витраті повітря та різниці температур.

Критерій оптимізації – коефіцієнт ефективності системи геотермальної вентиляції вказує, в скільки разів теплова енергія повітря зі свердловини вище витрат споживаної потужності вентилятора.

Максимальна теплова потужність відповідає максимальній витраті повітря і збільшується пропорційно витраті повітря та різниці температур. Коефіцієнт ефективності зростає при зменшенні потоку повітря та при збільшенні різниці температур на вході та виході, а при малих витратах повітря можливо отримати в 10 разів більше теплової енергії, ніж витрати електрики в вентиляторі, як при нагріві так і при охолодженні повітря, при максимальних витратах повітря показник знижується до 2...3. Для збільшення ефективності системи геотермальної вентиляції необхідно збільшувати довжину труби, площу теплообмінника та зменшувати швидкість потоку повітря.

**Ключові слова** – система, ґрунт, вентиляція, температура, повітря, енергія, тепло, потужність.

**Постановка проблеми.** В останні роки ґрунтові теплообмінники широко використовуються для охолодження повітря в системах кондиціонування та для нагрівання повітря для різних потреб [1, 2], однак параметри та ефективність їх роботи недостатньо визначені.



Аналітичні рішення не дають конкретних, доступних для інженерних розрахунків результатів. Авторами поставлена задача експериментального дослідження системи геотермальної вентиляції в літніх та зимових умовах.

*Методика.* Дослідження теплових процесів проводились на системі геотермальної вентиляції розташованій на о.Хортиця на свердловині в глині глибиною 15м з коаксильними пластиковими полівінілхлоридними трубами відповідно до рис.1. Зовнішнє повітря з температурою  $t_1$  подавалось вентилятором в центральну трубу  $\varnothing 100$ мм на глибину, а при проході вгору по трубі  $\varnothing 200$ мм з площею теплообміну  $9,42\text{м}^2$ , повітря набувало температури  $t_2$ . Температуру повітря на вході і виході визначали електронним термометром з датчиками температури DS18B20. Варіювання об'ємної витрати повітря  $Q$  від електричного відцентрового вентилятора середнього тиску ВЦ 14-46 № 2 1,1 кВт 3000 об/хв, проводилось шляхом регулювання частоти обертів електродвигуна вентилятора за допомогою перетворювача частоти Danfoss VLT Micro Drive M3 FC51.

Об'ємна витрата повітря розраховувалась через швидкість, яку визначали анемометром крильчастим АСО-3 по формулі:

$$Q=900\pi D^2v, \quad (1)$$

де  $D$  – діаметр теплообмінника, м;

$v$  – швидкість повітря на виході з теплообмінника, м/с.

Теплова потужність системи геотермальної вентиляції:

$$P=Q\rho c(t_2-t_1), \quad (2)$$

де  $Q$  – об'ємна витрата повітря,  $\text{м}^3/\text{год.}$ ;

$\rho$  – щільність повітря на виході з теплообмінника,  $1,293 \text{ кг/м}^3$ ;

$c = 1,02 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$  – питома теплоємність повітря;

$t_1, t_2$  – температура повітря на вході і виході системи геотермальної вентиляції,  $\text{°C}$ .

Коефіцієнт ефективності системи:

$$K_e = P / W_{\text{вент}}, \quad (3)$$

де  $P$  – теплова потужність системи, кВт,

$W_{\text{вент}}$  – потужність вентилятора, кВт.

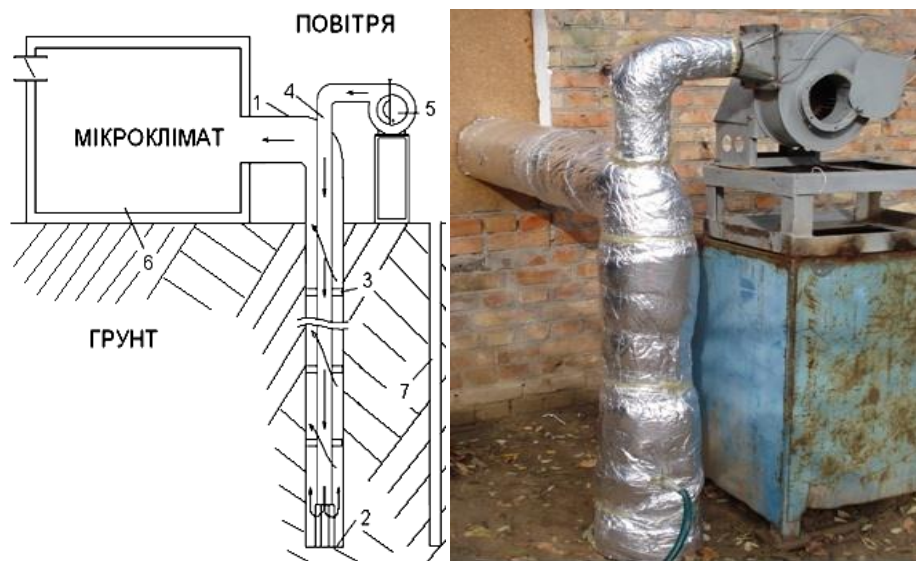


Рис. 1. Експериментальна система геотермальної вентиляції: 1 – труба  $\varnothing 200\text{мм}$ , 2 – заглушка, 3 – дистанційні втулки-завихрювачі, 4 – труба  $\varnothing 100\text{мм}$ , 5 – вентилятор, 6 – приміщення, 7 – ґрунт.

*Результати і обговорення.* Залежності різниці температур  $\Delta T$  на вході та виході системи геотермальної вентиляції від температури оточуючого повітря лінійні, пересікаються абсцису в точці з температурою вглибині землі  $+12^{\circ}\text{C}$  відповідно до рис. 2,3. З графіків видно, що система може працювати без обмерзання при максимальному потоку повітря до  $-4,5^{\circ}\text{C}$ , а при мінімальному до  $-10^{\circ}\text{C}$ .

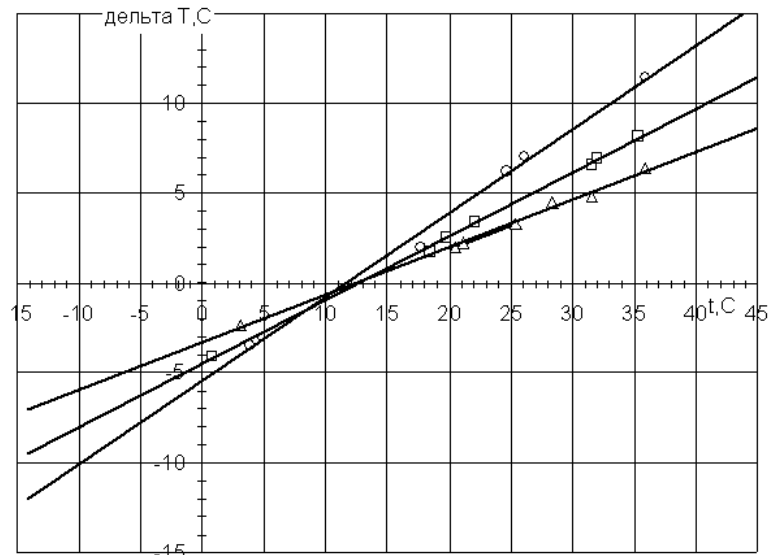


Рис. 2. Залежності різниці температур  $\Delta T$  на вході та виході системи геотермальної вентиляції від температури оточуючого повітря для швидкості повітря  $\circ$  -  $116\text{м}^3/\text{год.}$ ,  $\square$  -  $352\text{м}^3/\text{год.}$ ,  $\Delta$  -  $588\text{м}^3/\text{год.}$

Розраховано модель вихідної теплової потужності  $P$  системи геотермальної вентиляції відповідно до рис. 4, яка збільшується пропорційно об'ємній витраті повітря та різниці температур.

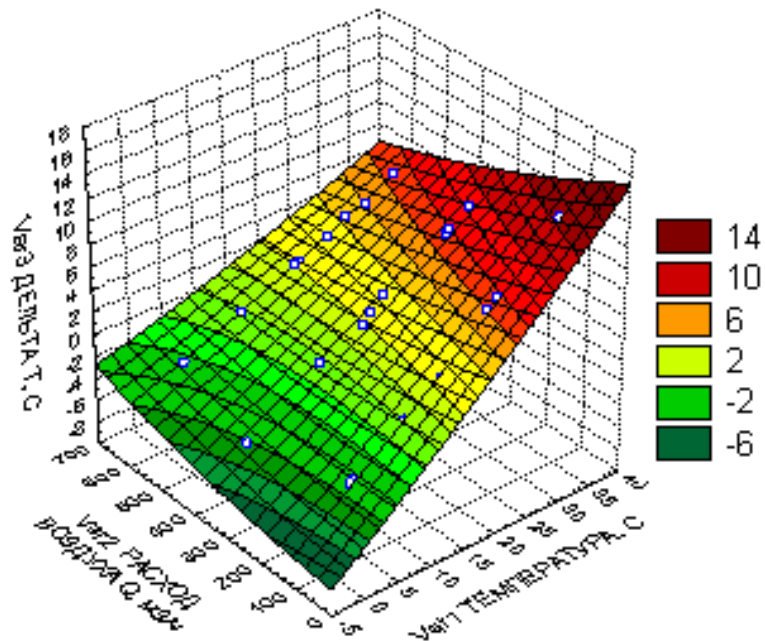


Рис. 3. Математична модель різниці температур  $\Delta T$  на вході та виході системи геотермальної вентиляції у вигляді тримірної поверхні[4]

$$\Delta T = -5,298 + 0,477T_1 + 0,0006Q + 0,0009T_1^2 - 0,0004T_1Q + 5,972E - 6Q^2, \quad (3)$$

де  $T_1$  – температура вхідного повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$Q$  – величина об'ємної витрати повітря,  $\text{м}^3/\text{год.}$

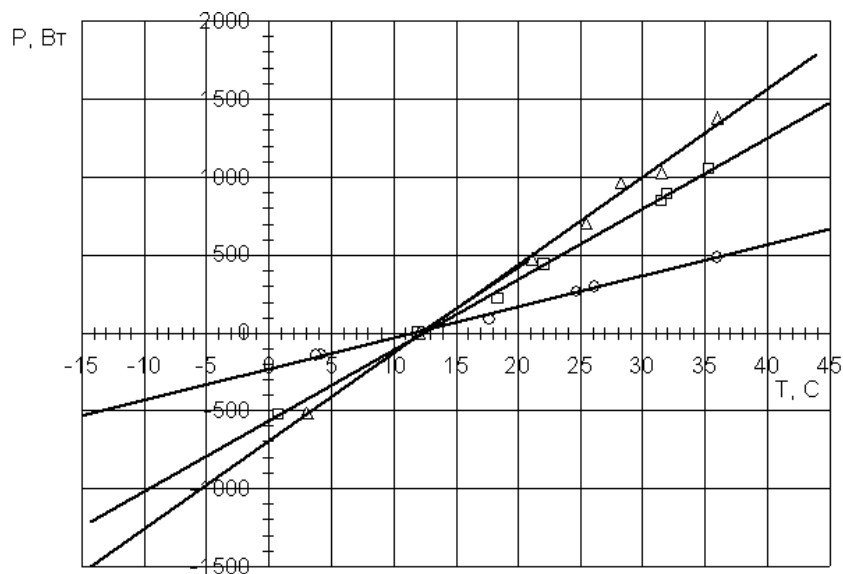


Рис.4. Математична модель вихідної теплової потужності  $P$  системи геотермальної вентиляції при швидкості повітря  $o = 116 \text{ м}^3/\text{год.}$ ,

□ –  $352 \text{ м}^3/\text{год.}$ , Δ –  $588 \text{ м}^3/\text{год.}$

Максимальна теплова потужність відповідає максимальній витраті повітря в системі геотермальної вентиляції і збільшується пропорційно витраті повітря та різниці температур. Теплова потужність однієї свердловини влітку при  $+40^{\circ}\text{C}$  досягає 1,6кВт при витратах вентилятора 0,46кВт, а зимою при мінус  $10^{\circ}\text{C}$  аналогічно отримуємо 1,3кВт.

Критерій оптимізації – коефіцієнт ефективності  $K_e$  системи геотермальної вентиляції вказує, в скільки разів теплова енергія повітря зі свердловини вище витрат споживаної потужності вентилятора рис.5.

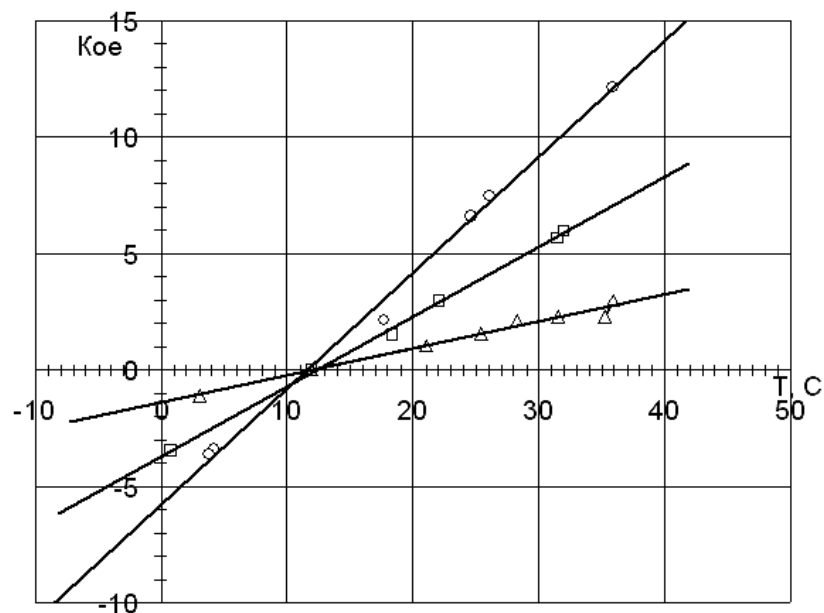


Рис. 5. Залежність коефіцієнта ефективності  $K_e$  від температури повітря при швидкості повітря  $\circ$  –  $116\text{м}^3/\text{год.}$ ,  $\square$  –  $352\text{м}^3/\text{год.}$ ,  $\Delta$  –  $588\text{м}^3/\text{год.}$

Коефіцієнт ефективності геотермальної вентиляції зростає при зменшенні витрати повітря та при збільшенні різниці температур  $\Delta T$  на вході та виході.

*Висновки.* Теплова потужність однієї свердловини глибиною 15м площею теплообміну  $9,42\text{м}^2$  з коаксильними пластиковими трубами діаметром 100 та 200мм влітку при  $+40^{\circ}\text{C}$  досягає 1,6кВт при витратах електрики в вентиляторі 0,46кВт, а взимку при мінус  $10^{\circ}\text{C}$  аналогічно отримуємо 1,3кВт. Максимальна теплова потужність відповідає максимальній витраті повітря і збільшується пропорційно витраті повітря та різниці температур. Коефіцієнт ефективності зростає при зменшенні потоку повітря та при збільшенні різниці температур на вході та виході, а при малих витратах повітря можливо отримати в 10 разів більше теплової енергії, ніж витрати електрики в вентиляторі як при нагріві так і при охолодженні повітря, при



максимальних витратах повітря показник знижується до 2-3. Для збільшення ефективності системи геотермальної вентиляції необхідно збільшувати довжину труби, площу теплообмінника та зменшувати швидкість потоку повітря.

#### *Література*

1. Щербина О. М. Геотермальна енергія та її використання / О. М. Щербина // Зелена енергетика. – 2001. – № 4. – С. 14-16.
2. Hollmuller, P. (2002). Utilisation des échangeurs air/sol pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments. Retrieved from <http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2002/HollmullerP/these.html>.
3. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
4. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В. Боровиков. – 2-е изд. (+CD). – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.: ил.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Ренсевич Е. А., Париева О. В.

### **Аннотация**

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований системы геотермальной вентиляции. Аналитические решения не дают конкретных, доступных для инженерных расчетов результатов. Поэтому, авторами поставлена задача экспериментального исследования системы геотермальной вентиляции в летних и зимних условиях. Установлено, что тепловая мощность одной скважины глубиной 15м площадью теплообмена  $9,42\text{ м}^2$  с коаксильными пластиковыми трубами диаметром 100 и 200мм летом при  $+40^{\circ}\text{C}$  достигает 1,6кВт при затратах электричества в вентиляторе 0,46 кВт, а зимой при  $10^{\circ}\text{C}$  аналогично получаем 1,3 кВт.

Исследования тепловых процессов проводились на системе геотермальной вентиляции, расположенной на о. Хортица на скважине в глине глубиной 15м с коаксильными пластиковыми поливинилхлоридными трубами.

Рассчитано модель исходной тепловой мощности системы геотермальной вентиляции, которая увеличивается пропорционально объемному расходу воздуха и разницы температур.

Критерий оптимизации – коэффициент эффективности системы геотермальной вентиляции указывает, во сколько раз тепловая энергия воздуха из скважины выше затрат потребляемой мощности вентилятора.

Максимальная тепловая мощность соответствует максимальному расходу воздуха и увеличивается пропорционально расходу воздуха и разницы температур. Коэффициент эффективности возрастает при уменьшении потока воздуха и при увеличении разницы температур на входе и выходе, а при малых расходах воздуха можно получить в 10 раз больше тепловой энергии, чем расходы электричества в вентиляторе, как при нагреве так и при охлаждении воздуха, при максимальном расходе воздуха показатель снижается до 2...3. Для увеличения



эффективности системы геотермальной вентиляции необходимо увеличивать длину трубы, площадь теплообменника и уменьшать скорость потока воздуха.

## STUDY OF GEOTHERMAL VENTILATION SYSTEM

E. Rensevich, O. Pariewa

### Summary

This paper presents the results of experimental studies of the geothermal ventilation system. Analytical solutions do not provide specific results available for engineering calculations. Therefore, the authors have set the task of experimentally investigating the geothermal ventilation system in summer and winter conditions. It was established that the heat capacity of a single well 15m deep with a heat exchange area of 9.42 m<sup>2</sup> with a coaxial plastic pipe with a diameter of 100 and 200mm in summer at +40°C reaches 1.6 kW with an electricity consumption in the fan 0.46 kW, and in winter at minus 10°C we get 1.3 kW.

The study of thermal processes was carried out on a geothermal ventilation system located on Khortitsa Island on a well in clay with a depth of 15m with coaxial plastic PVC pipes.

The model of the initial thermal power of the geothermal ventilation system is calculated, which increases in proportion to the volumetric air flow and temperature difference.

The optimization criterion – the efficiency factor of the geothermal ventilation system indicates how many times the heat energy of the air from the well is higher than the cost of the fan power consumption.

The maximum heat output corresponds to the maximum air flow and increases in proportion to the air flow and temperature difference. The efficiency coefficient increases with decreasing air flow and with increasing temperature difference at the inlet and outlet, and with low air flow rates, you can get 10 times more thermal energy than electricity consumption in the fan, both during heating and air cooling, with maximum air flow figure drops to 2...3. To increase the efficiency of the geothermal ventilation system, it is necessary to increase the length of the pipe, the area of the heat exchanger and reduce the air flow rate.

*Keywords:* technical system, soil, ventilation, temperature, air, thermal energy, power.