



УДК 536.24

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГІДРОДИНАМІКИ І ТЕПЛООБМІНУ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ В ПТАШНИКАХ

Троханяк В.І., інженер

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Тел. +38(067)3513082

**Анотація** – проведено математичне моделювання процесів масо- і теплопереносу в рекуперативних теплообмінниках для охолодження зовнішнього повітря, що надходить у пташники. Виконано інженерний розрахунок теплообмінника та проведено чисельне моделювання гідродинамічних та теплових процесів, використовуючи програмний продукт САПР ANSYS Fluent. Отримано розподіли швидкостей, тисків та температур в теплообміннику-рекуператорі.

**Ключові слова:** теплообмінник-рекуператор, математичне моделювання, тепло- і масоперенос, інженерний розрахунок.

*Постановка проблеми.* Суть роботи полягає у проведенні теоретичних досліджень, пов'язаних з регуляцією теплообмінних процесів в пташниках, що відбуваються як всередині приміщення, так і через його зовнішні огороження залежно від метеорологічних параметрів зовнішнього повітря і теплотехнічних характеристик. Отримані дані розрахунків дають можливість провести правильний вибір будівельних конструкцій для систем опалення та вентиляції пташників.

*Аналіз останніх досліджень.* Тепловий режим пташників є одним із вирішальних факторів, які визначають продуктивність цієї галузі тваринництва. Утримання птиці в холодних, вологих приміщеннях з незадовільною вентиляцією призводить до зменшення приросту її ваги на 20–30 %, зниження несучості на 30–35 % та підвищення захворюваності молодняку в 2–3 рази, а також перевитрат кормів та перевищення строків вирощування, встановлених зоотехнічними нормами. Тепловий режим пташника встановлюється в результаті теплообмінних процесів, що протікають як всередині приміщення, так і через його зовнішнє огороження. Він формується під впливом системи опалення та вентиляції залежно від метеорологічних параметрів

зовнішнього повітря і теплотехнічних характеристик будівельних конструкцій.

*Формулювання цілей статті.* Створення математичної моделі переносу і проведення інженерного розрахунку та розрахунку локальних гідродинамічних і теплових характеристик теплообмінника регенеративного типу для охолодження повітря в пташниках за допомогою пакета САПР ANSYS Fluent 14.0, розробка нової конструкції теплообмінника-регенератора.

*Основні матеріали досліджень.* Відомо, що мінімальна вентиляція працює в зимовий період і розраховується для видалення шкідливих речовин (аміак, вуглекислий газ, пил та волога) і забезпечення необхідної подачі повітря, насиченого киснем.

Тунельна вентиляція працює в літній період року (при температурі більше 26 °С). На цьому етапі важливо забезпечити видалення надлишкового тепла, яке створює птиця.

У комплекті з тунельною вентиляцією часто використовують охолоджувальні системи. У цьому випадку охолоджувальною системою буде рекуперативний теплообмінник.

При виборі напрямку руху теплоносія, перевагу надають протитечії і перехресному потоку, для яких питоме теплове навантаження найвище [1]. Крім того, при протитечії холодний теплоносій може бути нагрітий до більш високої температури, ніж при прямоточній схемі апарата. Схема компоновки теплообмінника наведено на рис. 1.

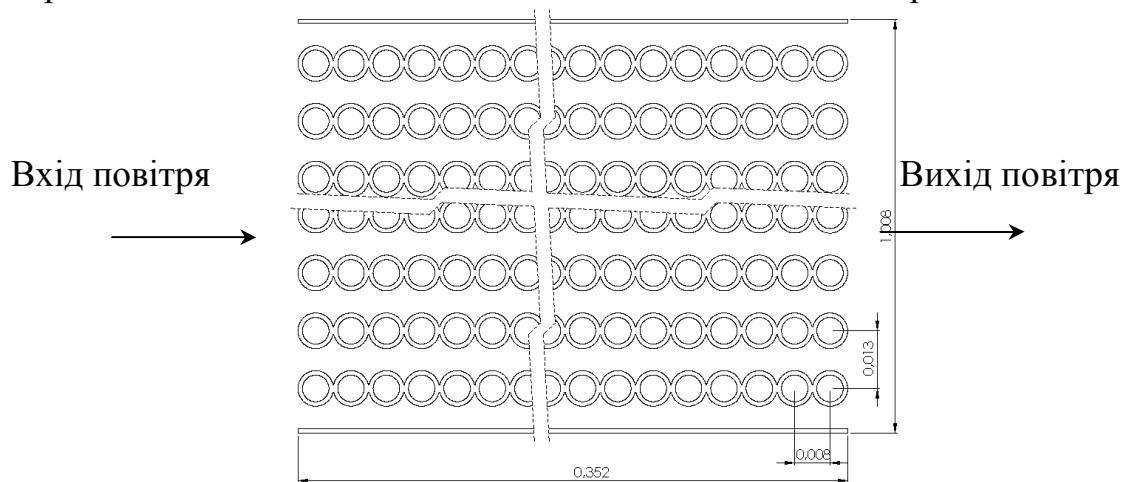


Рис. 1. Вигляд зверху кожухотрубного теплообмінника.

Вибір матеріалу труб залежить від агресивності теплоносія. Для неагресивних середовищ при малих тисках і температурах застосовують сталеві безшовні труби із сталі марок 10, 20, для агресивних - застосовують безшовні труби із легованих сталей, міді, алюмінію. Діаметр труб залежить від вибраного матеріалу та умов експлуатації. У наведеному випадку вибрано сталеві безшовні труби із зовнішнім діаметром трубки 8 мм та товщиною стінки 1 мм.



Температура вхідного повітря в теплообмінник  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , орієнтована вихідна температура  $+19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Масова витрата повітря на вході  $43350\text{ кг/год}$ . Висота проходу для повітря в теплообмінника  $1\text{ м}$ , ширина  $1\text{ м}$ . Ширина міжтрубної відстані -  $5\text{ мм}$ .

При розрахунку теплообмінника використано два підходи – виконано інженерний розрахунок теплообмінника та проведено чисельне моделювання процесів тепло- і масообміну використовуючи пакет прикладних програм САПР ANSYS Fluent 14.0. Результати розрахунку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 –

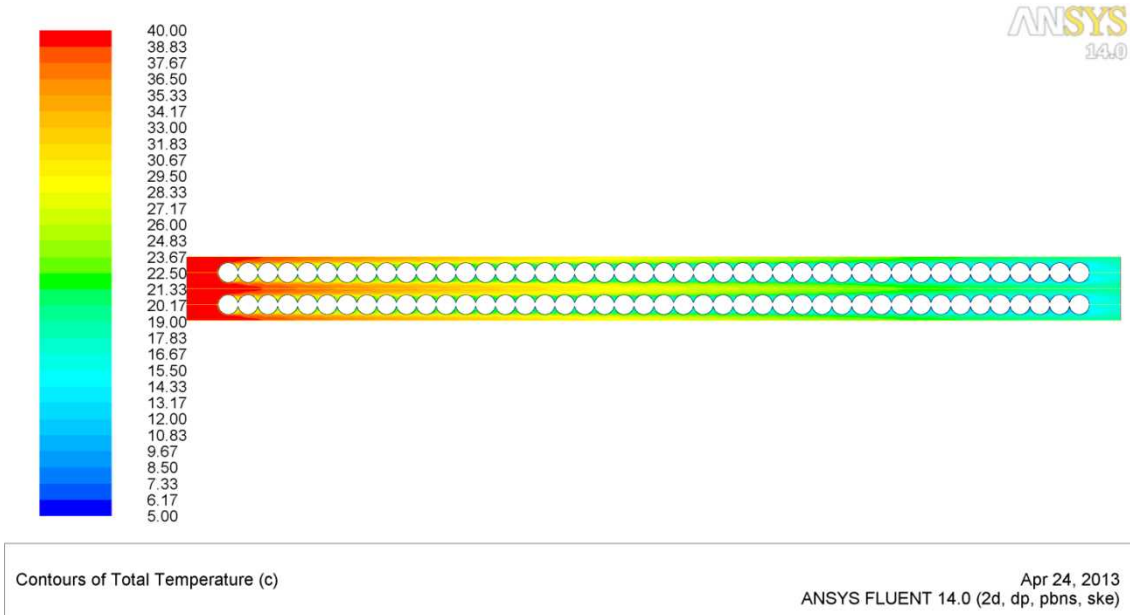
Порівняльна таблиця теплообмінників.

Основний параметр теплообмінника	Традиційний теплообмінник	Запропонований теплообмінник
Кількість переданої теплоти від повітря до води, $\text{кВт}$	248,09	248,09
Температура води на виході з теплообмінника, $^{\circ}\text{C}$	14	13,5
Швидкість руху повітря на початку каналу, $\text{м/с}$	17,85	27,2
Коефіцієнт теплообміну для повітря, $\text{Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$	88,46	229,28
Значення середньо логарифмічної температури, $^{\circ}\text{C}$	16,41	16,41
Еквівалентний діаметр теплообмінника, $\text{м}$	0,00673	0,00995
Довжина теплообмінника, $\text{м}$	2,35	0,352

Моделювання процесів масопереносу і теплообміну теплообмінника для охолодження вентиляваного повітря за допомогою САПР ANSYS Fluent 14.0. Розглядається стаціонарний, турбулентний потік нестисливого в'язкого газу. При цьому необхідно виконати умови прилипання частинок повітря до твердої стінки або відсутність ковзання газу по поверхні. Таким чином, виконуються граничні умови рівності нулю швидкості газу на поверхні нерухомих стінок. Процес тепло- і масопереносу в теплообміннику можна описати за допомогою рівнянь [2].

Вибір оптимальної моделі турбулентності залежить від типу течії, необхідної точності рішення, доступних обчислювальних ресурсів і тощо. З різноманіття загальноновизнаних моделей турбулентності можна виділити клас найбільш вживаних – RANS (Reynolds-averaged Navier-Stokes) моделі, до яких належить сімейство k-ε моделей. У розглянутому випадку вибрано стандартну k-ε модель (KES) [3-5].

Результати розв'язків показано на рис. 2–4. На рис. 3 представлено розподіл температур в елементі теплообмінника для двох сусідніх рядів труб.

Рис. 2. Зміна загальної температури в каналі,  $^{\circ}\text{C}$ .

Розподіл поля швидкостей в каналі теплообмінника представлено на рис. 3.

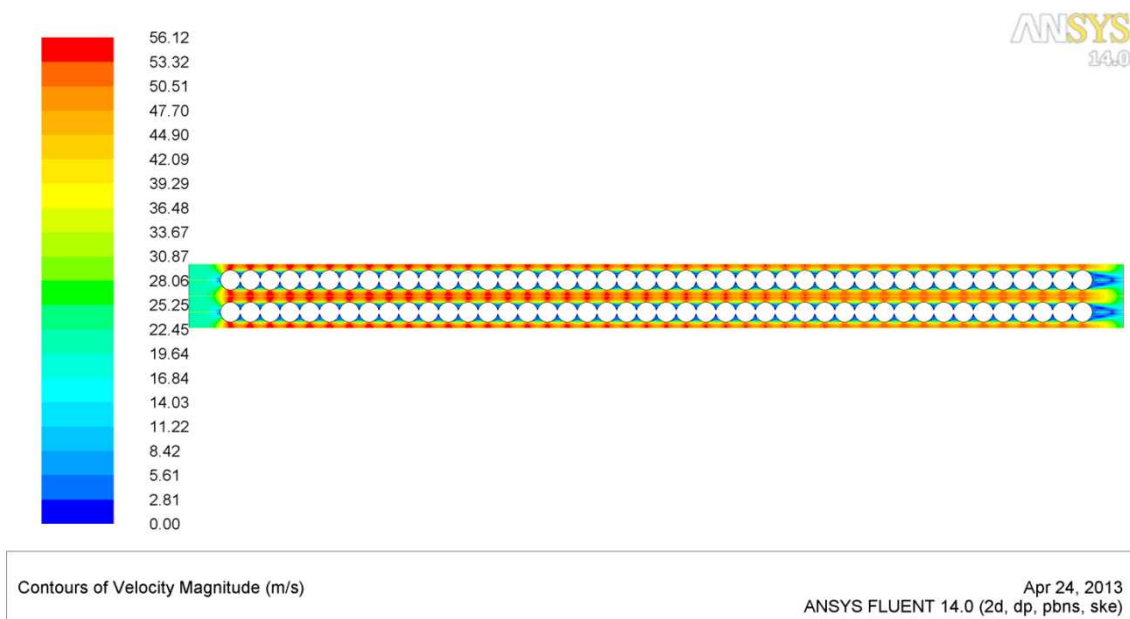


Рис. 3. Швидкість повітря в каналі, м/с.

Детальні розподіли вектора швидкостей для елемента каналу показано на рис. 4.

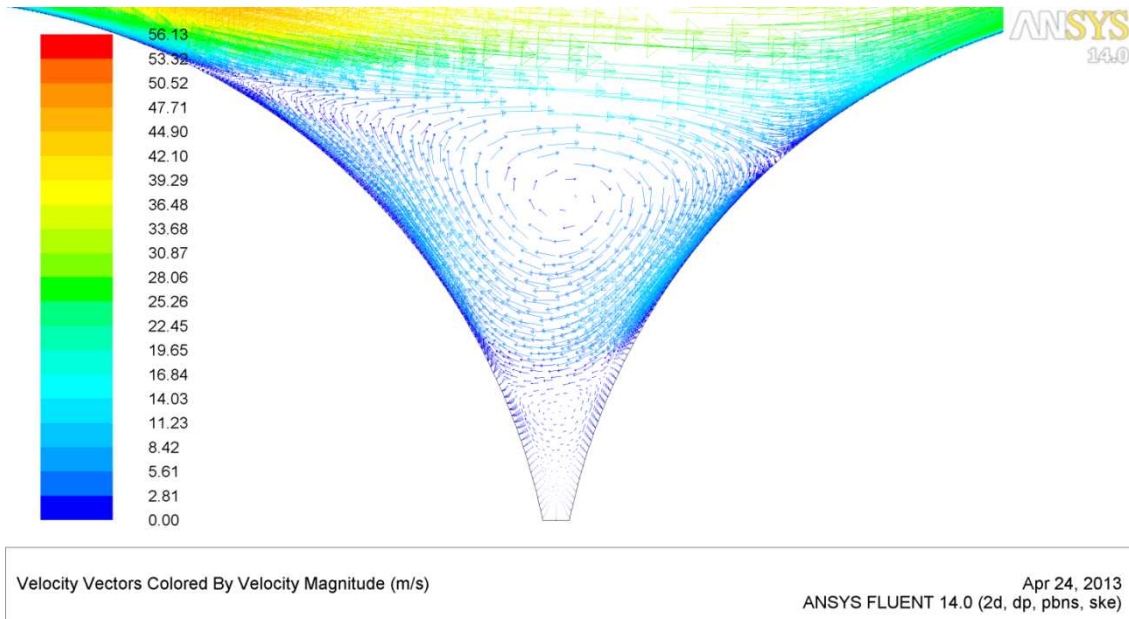


Рис. 4. Вектор швидкості, м/с.

Таким чином моделювання процесів масо- і теплопереносу з використанням пакета прикладних програм дає можливість визначити всі локальні гідродинамічні та теплові характеристики течії в каналах теплообмінника. Це, в свою чергу, дає змогу вибрати оптимальну геометрію теплообмінника.

При проведенні інженерних розрахунків отримано дані, які повністю підтверджуються розрахунками з використанням пакета САПР ANSYS Fluent 14.0. Згідно з проведеними розрахунками швидкість повітря на вході в канал становить 27,3 м/с, температура повітря на вході 40 °С, на виході 19,5 °С. Коефіцієнт теплообміну на поверхні - 229,3 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Значення середньологарифмічної температури 16,4 °С. Загальна довжина теплообмінника 0,352 м.

*Висновки.* Проведено чисельне моделювання процесів гідродинаміки та теплопереносу в теплообміннику нової конструкції за допомогою САПР ANSYS Fluent 14.0. Отримано локальні розподіли поля швидкостей, векторів швидкості та температур. У результаті проведених інженерних та чисельних розрахунків запропоновано нову, ефективну конструкцію теплообмінника для охолодження повітря в пташнику для літнього періоду року.

#### *Література*

1. *Виноградов С.Н.* Выбор и расчет теплообменников / *Виноградов С.Н., Таранцев К.В., Виноградов О.С.* – Пенза, 2001. – 100 с.
2. *Шлихтинг Г.* Теория пограничного слоя / *Г.Шлихтинг*—М.: Наука, 1974. - 712 с.



3. *Bardina J.E.* Turbulence Modeling Validation, Testing and Development / *Bardina J.E., Huang P.G., Coakley T.J* // California, NASA reports – April, 1997., 88 с.
4. *Hanjalic, K.* Advanced Turbulence Closure Models: A View on the Current Status and Future Prospects, *Int. J. Heat & Fluid Flow*, 1994, vol. 15, pp. 178-203.
5. *Speziale C.G.* Modeling of Turbulent Transport Equations, in T. Gatski, M. Hussaini and J. Lumley, eds., *Simulation and Modeling of Turbulent Flows*, Oxford University Press, 1996.

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ В ПТИЧНИКЕ**

В.И. Троханяк

**Аннотация**– проведено математическое моделирование процессов массо- и теплопереноса в рекуперативных теплообменниках для охлаждения наружного воздуха, поступающего в птичники. Выполнен инженерный расчет теплообменника и численное моделирование гидродинамических и тепловых процессов, используя программный продукт САПР ANSYS Fluent. Получены распределения скоростей, давлений и температур в теплообменнике-рекуператоре.

### **MATHEMATICAL MODELING OF FLUID DYNAMICS AND HEAT EXCHANGE COOLING SYSTEM IN POULTRY HOUSES**

V.I. Trokhanyak

#### **Summary**

The mathematical modeling of mass and heat transfer in a recuperative heat exchanger to cool the outside air entering the poultry houses is performed. There are performed the engineering calculations and numerical modeling of hydrodynamic and thermal processes using CAD software ANSYS Fluent for heat exchanger. The distribution of velocity, pressure and temperature in the heat exchanger, heat exchanger are found.