

УДК 536.24

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТА ДЛЯ РІЗНИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ

В. І. Троханяк, кандидат технічних наук, старший викладач

Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: trohaniak.v@gmail.com

Анотація. Дана стаття є продовженням вдосконалення систем підтримання мікроклімату у пташниках і ціллю є розробка та чисельне моделювання кожухотрубного теплообмінника нової конструкції для різних систем вентиляції.

У пташнику традиційного типу розглядається бокову і тунельну системи вентиляції та охолодження припливного повітря в літку. У статті проведено розробку теплообмінних апаратів для цих системи. Спроектовано та проведено чисельне моделювання теплообмінників двох різних конструкцій для систем вентиляції згаданих вище. При розробці нових типів конструкцій теплообмінних апаратів важливу роль відіграють такі фактори, як їх масогабаритні характеристики, ефективність теплопереносу через поверхню, що розділяє теплоносії, втрати тиску в трактах для кожного з теплоносіїв та інші параметри, які характеризують теплообмінний апарат.

Визначено наефективніші поверхні теплообміну та показано перспективність застосування пропонованих конструкцій пучків труб при конструюванні теплообмінників різного призначення.

Ключові слова: *теплообмінний апарат, чисельне моделювання, тепло-масообмін, пташник, система вентиляції*

Актуальність. Підвищення продуктивності птахофабрик пов'язане з необхідністю створення оптимального мікроклімату в приміщеннях пташників. При цьому важливою задачею стає пошук нових підходів і принципів для вирішення проблеми охолодження та нагрівання припливного повітря птахівничих приміщень у літній і зимовий період. Ця проблема є особливо важливою у зв'язку зі зниженням продуктивності роботи птахоферм, що зумовлено недосконалістю існуючих систем мікроклімату в літній період за наявності високої температури та вологості зовнішнього повітря. Слід зазначити, що існуючі системи енергопостачання пташників потребують великих витрат

енергоресурсів та коштів для забезпечення мікроклімату в птахівничих приміщеннях. Тому необхідною передумовою заощадження ресурсів у цій галузі стає проведення нових досліджень з удосконалення систем мікроклімату на птахофермах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У працях [1-4], на основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень, запропоновано та розроблено нову енергоефективну систему підтримання мікроклімату в пташнику, яка базується на використанні води підземних свердловин із застосуванням теплообмінників-рекуператорів для охолодження та нагрівання припливного повітря в літній і зимовий періоди року.

При розробці нових типів конструкцій теплообмінних апаратів (ТА) важливу роль відіграють такі фактори, як їх масогабаритні характеристики, ефективність теплопереносу через поверхню, що розділяє теплоносії, втрати тиску в трактах для кожного з теплоносіїв та інші параметри, які характеризують теплообмінний апарат [5]. Крім оцінки вказаних факторів, використовують, наприклад, такий параметр як теплогідравлічна ефективність [6-9], що характеризує теплову продуктивність теплообмінника віднесена до одиниці потужності, необхідної для прокачування теплоносія в тракті теплообмінника.

У роботі розглядаються теплообмінники кожухотрубного типу, які мають нову конструкцію, що відрізняється від традиційних [10-12]. В роботах [13-14] розглянуто різновиди теплообмінних апаратів які спроектовані для системи вентиляції у пташниках. Авторами проведено чисельне моделювання різних конструкцій ТА і вибрано більш ефективну для відповідних середовищ експлуатування.

Мета дослідження – розробка та чисельне моделювання кожухотрубного теплообмінника нової конструкції, як елемента системи підтримання мікроклімату для різних типів систем вентиляції у літній період року.

Матеріали та методи дослідження. Як сказано вище, розглядається два типи системи вентиляції – тунельна і бокова. Для цих вентиляційних систем проектується ТА. Пташник є традиційного типу. По бокових стінках розташовані отвори з жалюзями в загальній кількості 80 шт. з розмірами 0,3×0,85 м. А також на передніх торцевих стінках розташовані касети випарного охолодження з розмірами 5,1×1,1 м. Взамін касет та жалюзей ми вмонтуємо ТА.

Розглянемо кожухотрубний теплообмінник із кожухом прямокутного перерізу при поперечному обтіканні пучків труб. Геометрія розташування труб з діаметром $d=10$ мм є своєрідною, що відрізняється від традиційних шахових, коридорних та компактних пучків. Сусідні труби в таких тісних пучках зміщені одна відносно другої на відстань 1 мм. Причому розглянуто два типи конструкції пучка, в яких є зміщення труб у поперечному напрямку по всій довжині трубного пучка на 15 мм (див рис. 1).

У таблиці 1 представлено конструктивні дані двох ТА для різних систем вентиляції.

1. Конструктивні дані ТА для різних систем вентиляції

Система вентиляції	Витрата повітря для всіх ТА, м ³ /год	Витрата повітря для одного ТА, м ³ /год	Висота ТА, м	Ширина ТА, м	Кількість колекторів, шт	Кількість трубок в ТА, шт	Кількість ТА, шт	Загальна довжина труб, м
Бокова	1036880	12961	0,3	0,85	3	5202	80	124848
Тунельна	1036704	86392	1,0	2,65	2	5406	12	64872

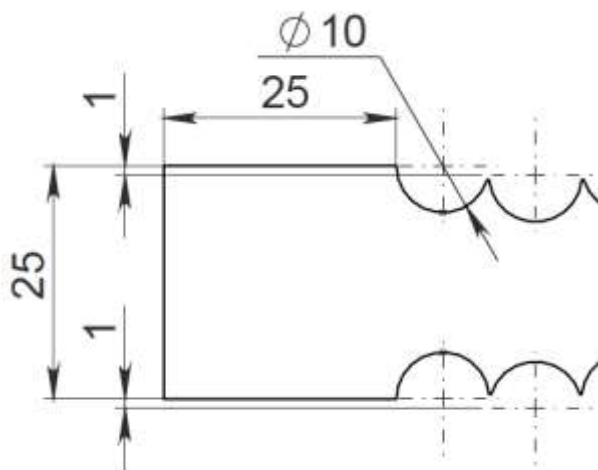


Рис.1. Розташування труб в пучку теплообмінного апарата, (вигляд зверху)

холодна вода, що рухається всередині труб, яка має температуру на вході $+10^{\circ}\text{C}$. Схема руху теплоносіїв має перехресний характер.

Проведено чисельне моделювання гідродинамічних процесів та процесів переносу теплоти в каналах із компактним розміщенням пучків труб. Для цього використано метод CFD моделювання і застосовано програмний комплекс ANSYS Fluent. В основі математичної моделі лежать рівняння Нав'є-Стокса, рівняння збереження енергії для конвективних течій та рівняння нерозривності. У розрахунках застосовано стандартну k- ϵ модель турбулентності.

Побудова сітки проводилася в сіткогенераторі ANSYS Meshing на базі платформи Workbench. При побудові сітки для теплообмінного апарата усіх конструкцій використано локальне управління сіткою. Побудова чотирикутної сітки з використанням побудови пограничного шару методом загальної товщини (Total Thickness), товщиною першого шару $5 \cdot 10^{-5}$ м в кількості 6 шарів. Показник якості сітки Orthogonal Quality [15, 16] для двох типів теплообмінників є різні і знаходиться в межах від 0,599 до 0,625.

Результати досліджень та їх обговорення. Результати чисельних розрахунків показано подано на рисунках 2–6. Тепле повітря надходить у ТА з права. На рис. 2-3 показано зміну температури для різних систем вентиляції. Для

тунельної вентиляції температура у ТА спадає з +40 до +22,5 °С (рис. 2), а для бокової – з +40 до +19,7 °С (рис. 3).

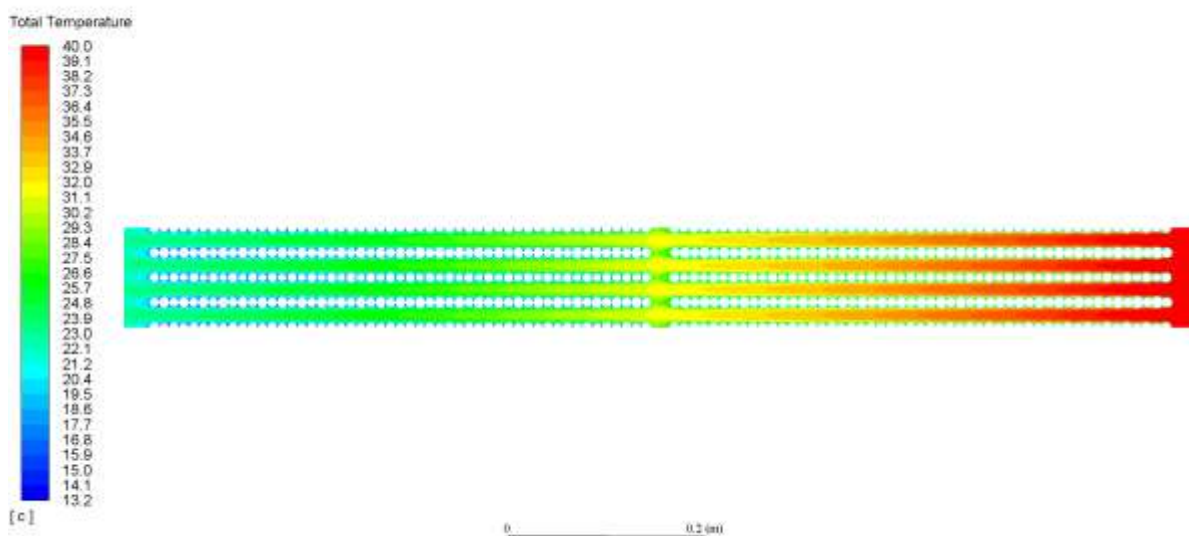


Рис. 2. Температурне поле повітря в ТА для тунельної системи вентиляції, °С

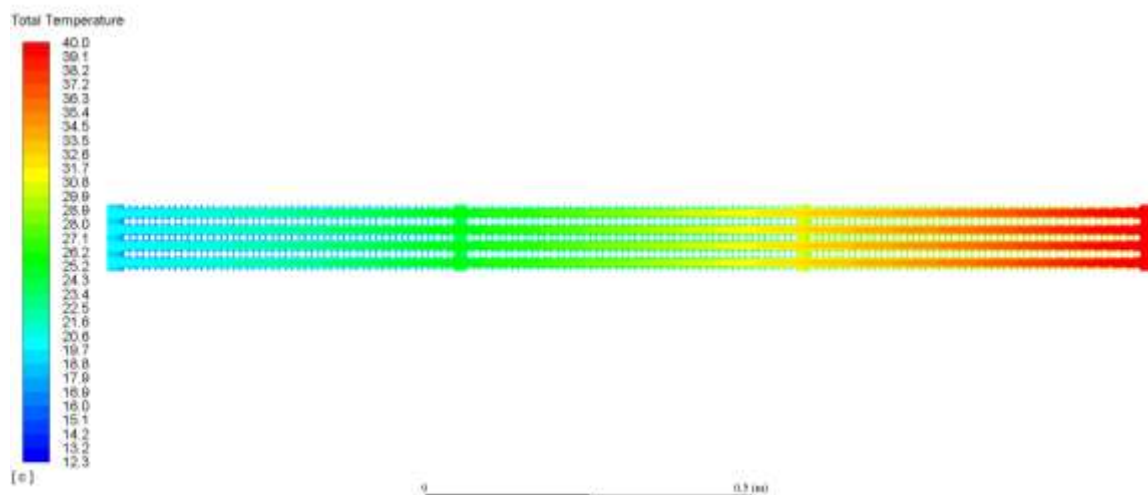


Рис. 3. Температурне поле повітря в ТА для бокової системи вентиляції, °С

Порівнюючи ТА по перепаду тиску в каналі (див. рис. 4-5), які були спроектовані для різних типів систем, то можна побачити, що різниця становить близько у 3,3 рази. Детальніші результати можна побачити в табл. 2.

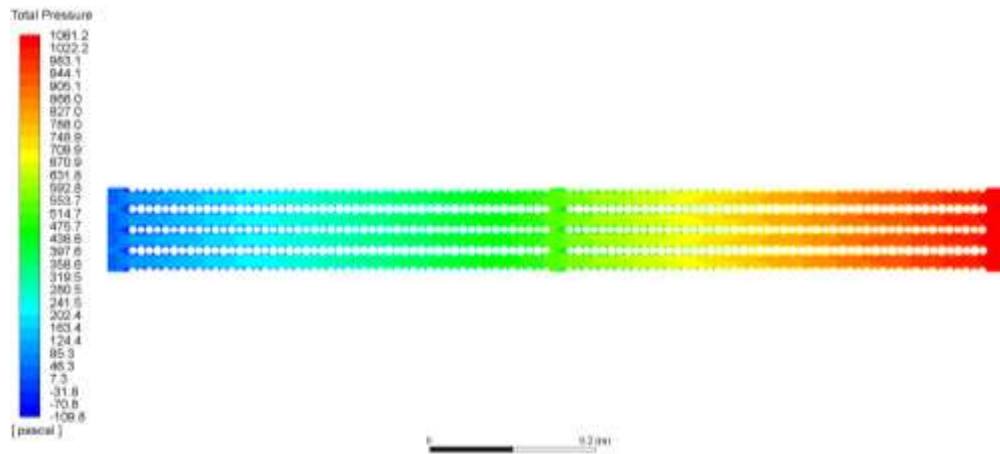


Рис. 4. Перепад тиску в каналі ТА для тунельної системи вентиляції, Па

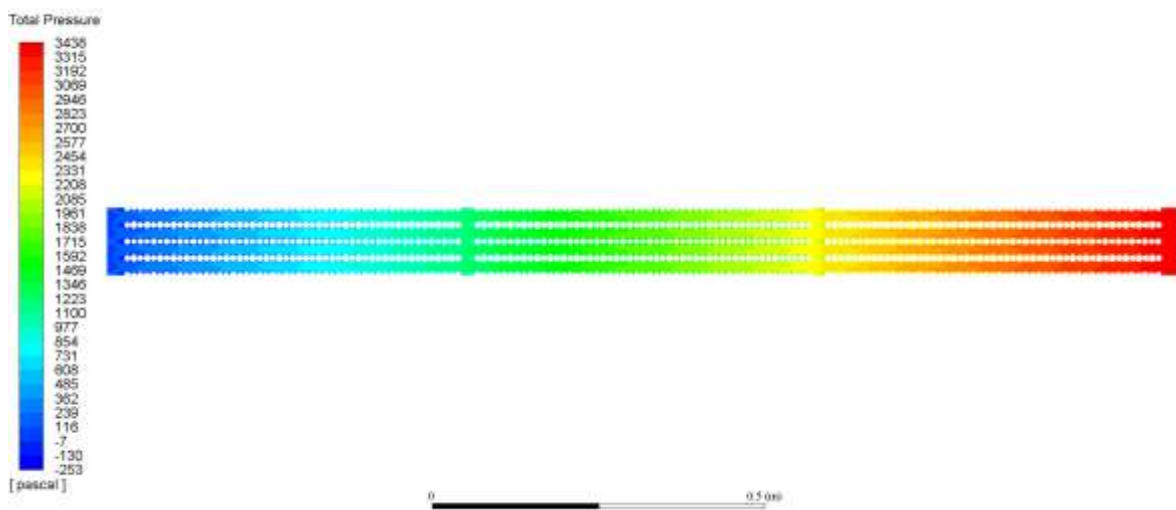
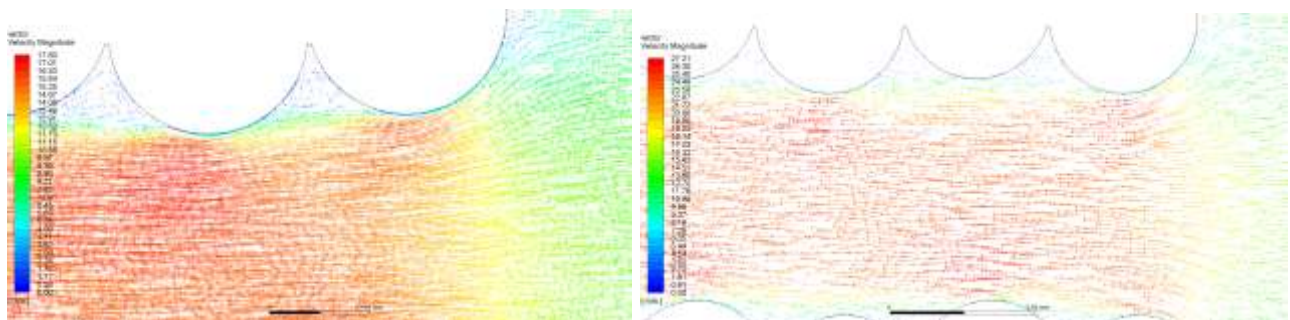


Рис. 5. Перепад тиску в каналі ТА для бокової системи вентиляції, Па



а

б

Рис. 6. Вектор швидкості потоку повітря на вході в ТА, м/с:

а – для тунельної системи вентиляції, б – для бокової системи вентиляції

На рис. 6 показано вектор швидкості на вході в канал ТА для різних систем вентиляції. Можемо побачити як повітря омиває трубки та відрив пограничного шару на її поверхні. Між трубками спостерігаються застійні зони у вигляді вихора, що в свою чергу на цих ділянках зменшується коефіцієнт тепловіддачі [10]. Для тунельної системи вентиляції (рис. 6 а) максимальна швидкість повітря в деяких точках становить 17,6 м/с, а середня швидкість у найвужчому проході каналу – 15,1 м/с. Для бокової системи вентиляції (рис. 6 б) максимальна – 27,2 м/с, а середня – 23,5 м/с. У таблиці 2 представлено більш детальний огляд результатів чисельного моделювання для різних систем вентиляції.

2. Результати чисельного моделювання різних систем вентиляції

Система вентиляції	Температура повітря на виході з ТА, °С	Температура води на виході з ТА, °С	Перепад тиску в каналі ТА, Па	Максимальна швидкість повітря в каналі ТА, м/с	Середня швидкість повітря в найвужчому перерізі каналу ТА, м/с	Теплова потужність одного ТА, кВт	Теплова потужність усіх ТА, кВт
Бокова	19,66	23,95	3286	27,21	23,53	77,550	6204,00
Тунельна	22,55	23,16	991	17,60	15,10	474,72	5696,64

Під час проектування та виготовлення ТА для систем підтримання мікроклімату в пташниках необхідно враховувати безліч параметрів, а саме перепад тисків в каналах теплообмінників, що впливає на потужність та продуктивність вентиляційних установок; вихідна температура з ТА яка заходитиме в пташник, що і є власне охолодження внутрішнього повітря пташника; та ін. В основі проекту лягало створення ТА для двох систем вентиляції. Для тунельної системи перепад тиску становить 991 Па, а це у 3,3 рази менше ніж для бокової. Вихідна температура сягає до +23 °С, що повністю відповідає нормам технічного проектування [17]. Однак, як і в кожній системі є свій недолік, а це фінансові затрати на закупівлю, порізку труб та зварювання ТА. З таблиці 1 видно, що для виготовлення ТА необхідно 64872 м труби, а це

менше у 1,92 рази ніж для другого варіанту. Як бокова так і тунельна системи вентиляції є достатньо ефективними. Для забезпечення нормованого мікроклімату у пташнику, враховуючи усі аспекти техніко-економічного аналізу, пропонується обрати ТА для тунельної системи вентиляції. Такі затрати себе оправдовують за рахунок збільшення маси птиці в літній період року та зменшення використання газу у зимовий період року. Однак не усі птахофабрики можуть собі дозволити таку систему.

Висновки і перспективи.

1. Запропоновано та розроблено нову конструкцію кожухотрубного теплообмінного апарата з компактним розташуванням труб у трубних пучках.
2. Проведено комп'ютерне математичне моделювання процесів тепло- і масопереносу в пучках труб різної геометрії при компактному розміщенні труб з використанням програмного комплексу ANSYS Fluent. Отримано поля швидкостей, температур, тисків у досліджуваних каналах. Проаналізовано умови гідродинамічної течії в каналах та проведено оцінки інтенсивності теплопереносу між гарячим та холодним теплоносієм через стінку, що їх розділяє.
3. Визначено, що найефективнішою буде тунельна система вентиляції та спроектовано для неї ТА.

Список літератури

1. Горобець В. Г. Комп'ютерне математичне моделювання процесів тепло- і масопереносу при вентиляції повітря в птахівничих приміщеннях: [електронний ресурс] / В. Г. Горобець В. Г., В. І. Троханяк // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2015. Режим доступу до ресурсу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf5t1/24.pdf>.
2. Горобець В. Г. Математичне моделювання процесів гідродинаміки і теплообміну в охолоджувачах повітря птахівничих приміщень / В. Г. Горобець В. Г., В. І. Троханяк // Науковий вісник Національного університету

біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2013. – Вип. 184, ч. 2. – С. 101–110.

3. Горобець В. Г. Компьютерное математическое моделирование процессов тепло- и массопереноса при вентиляции воздуха в птицеводческих помещениях / В. Г. Горобець В. Г., В. И. Троханяк // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства. – 2015. – № 4 (20). – С. 85–90.

4. Горобець В. Г. Експериментальне дослідження охолодження припливного повітря у птахівничих приміщеннях / В. Г. Горобець В. Г., В. І. Троханяк, Ю. О. Богдан // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2015. – Вип. 224. – С. 204–208.

5. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках / А.А. Жукаускас. – М.: Наука, 1982. – 472 с.

6. Горобець В.Г. Теплогідрравлічна ефективність поверхонь з інтенсифікаторами теплообміну та оребренням / В. Г. Горобець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК».. – 2010. – № 148. – С. 46–56.

7. Халатов А.А. Аналогия переноса теплоты и количества движения в каналах с поверхностями генераторами вихрей / А.А. Халатов, В.Н. Онищенко, И.И. Борисов // Доклады НАН Украины. – К.: – 2007. – №6 – С. 70–75.

8. Горобець В. Г. Моделювання процесів переносу та теплогідрравлічна ефективність кожухотрубного теплообмінника з компактним розташуванням пучків труб / В. Г. Горобець В. Г., В. І. Троханяк // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. Вип. 194, ч. 2. – С. 147–155.

9. Троханяк В. И. Оценка теплогидравлической эффективности кожухотрубного теплообменного аппарата с компактным размещением труб в пучках на основе компьютерного численного моделирования процессов тепломассопереноса: / В. И. Троханяк, Ю. А. Богдан [Электронный ресурс] // APRIORI. Серія «Естественные и технические науки». – 2015. – № 6. Режим доступа к ресурсу: <http://apriori-journal.ru/seria2/6-2015/Trohanyak-Bogdan2.pdf>.

10. Троханяк В. І. Визначення коефіцієнта тепловіддачі при чисельному моделюванні трубного пучка / В. І. Троханяк // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2015. – Вип. 15, т. 2. – С. 332–337.

11. Горобець В. Г. Експериментальне дослідження теплообмінного апарата нової конструкції / В. Г. Горобець В. Г., В. І. Троханяк [електронний ресурс] // Енергетика і автоматика. – 2015. Режим доступу до ресурсу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/viewFile/5247/5160>.

12. Горобець В. Г. Теплообмінне обладнання для когенераційних установок / В. Г. Горобець, Ю. О. Богдан, В. І. Троханяк – К.: «ЦП «Компринт», 2017. – 203 с.

13. Троханяк В. І. Розробка та чисельне моделювання теплообмінного обладнання нової конструкції для систем підтримання мікроклімату у пташниках / В. І. Троханяк, Є. О. Антипов, Ю. О. Богдан. // Науковий журнал ХНТУСГ імені Петра Василенка «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексу». – 2018. – №12. – С. 50–58.

14. Троханяк В. І. Розробка та чисельне моделювання теплообмінного обладнання нової конструкції для систем підтримання мікроклімату у пташниках / В. І. Троханяк, Є. О. Антипов, Ю. О. Богдан // Науковий журнал ХНТУСГ імені Петра Василенка «Інженерія природокористування». – 2018. – №1(9). – С. 48–56.

15. Троханяк В. І. Побудова сітки ANSYS Meshing для CFD моделей методом кінцевих елементів / В. І. Троханяк // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – Вип. 209, ч. 2. – С. 244–249.

16. Троханяк В. І. Застосування методу кінцевих елементів при побудові сітки в Ansys Meshing для CFD моделей / В. І. Троханяк, Ю. О. Богдан // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія «Технічні науки» – 2015. – Вип. 30, т. 2. – С. 181–189.

17. Нормы технологического проектирования птицеводческих предприятий. НТП-АПК 1.10.05.001-01(взамен РНТП 4-93). – [Дата введения 2002-01-03]. – Одобрены НТС Минсельхоза России (протокол от 03.08.01 № 23).

References

1. Horobets V. H., Trokhaniak V. I. (2015). Kompiuterne matematychnе modeliuвання protsesiv teplo- i masoperenosu pry ventylyatsii povitria v ptakhivnychykh prymishchenniakh [Computer mathematical modeling of heat and mass transfer of air ventilation in poultry houses]. Naukovyi visnyk Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu. №5. Rezhym dostupu do resursu: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf5t1/24.pdf>.

2. Horobets V. H., Trokhaniak, V. I. (2013). Matematychnе modeliuвання protsesiv hidrodynamiky i teploobminu v okholodzhuvachakh povitria ptakhivnychykh prymishchen [Mathematical modeling of processes of hydrodynamics and heat-exchange processes in air coolers of poultry houses] Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriiia «Tekhnika ta enerhetyka APK». №184(2), 101–110.

3. Horobets, V. H., Trokhaniak, V. Y. (2015). Kompiuternoe matematycheskoe modelyrovanye protsessov teplo- y massoperenosa pry ventylyatsyy vozdukha v ptytsevodcheskykh pomeshcheniyakh [Computer mathematical modeling of heat and mass transfer of air ventilation in poultry houses]. Vestnyk Vserossyiskoho nauchno- yssledovatel'skoho ynstytuta elektryfykatsyy selskoho khoziaistva. №4(20), 85–90.

4. Horobets, V. H. Trokhaniak, V. I., Bohdan, Yu. O. (2015). Eksperymentalne doslidzhennia okholodzhennia pryplyvnoho povitria u ptakhivnychykh prymishchenniakh [Experimental study of cooling air supply poultry premises].

Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia «Tekhnika ta enerhetyka APK». 224, 204–208.

5. Zhukauskas, A. A. (1982). Konvektyvnyi perenos v teploobmennykakh [Convective transfer in heat exchangers]. Moskow: Nauka, 472.

6. Horobets, V. H. (2010). Teplohidravlchna efektyvnist poverkhon z intensyfikatoramy teploobminu ta orebrenniam [Teplohidravlcheskoe efficiency of surfaces with intensifiers of heat exchange and sharpening]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia «Tekhnika ta enerhetyka APK», №148, 46–56.

7. Khalatov, A. A., Onyshchenko, V. N., Borysov, Y. Y. (2007). Analohiya perenosa teploty y kolychestva dvyzheniya v kanalakh s poverkhnostiamy heneratoramy vykhrei [An analogy of heat transfer and momentum in channels with surfaces by vortex generators]. Dokladu NAN Ukrainy, №6 70–75.

8. Horobets, V. H., Trokhaniak, V. I. (2014). Modeliuvannia protsesiv perenosu ta teplohidravlchna efektyvnist kozhukhotrubnoho teploobminnyka z kompaktnym roztashuvanniam puchkiv trub [The heat exchanger, tube bundle, thermal-hydraulic performance, mathematical modeling, flow rate, hydraulic losses, temperature]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia «Tekhnika ta enerhetyka APK». №194(2), 147–155.

9. Trokhaniak, V. Y., Bohdan, Yu. A. (2015). Otsenka teplohidravlcheskoi efektyvnosti kozhukhotrubnoho teploobmennogo apparata s kompaktnum razmeshchenyem trub v puchkakh na osnove kompiuternoho chyslennoho modelyrovannia protsessov teplomassoperenosa [Evaluating of thermal-hydraulic efficiency shell-and-tube heat exchanger with the compact arrangement of the tube bundles on the basis of the computer numerical simulations of process of heat and mass transfer]. APRIORI. Seryia «Estestvennyye y tekhnicheskyye nauky». №6. Rezhym dostupa k resursu: <http://apriori-journal.ru/seria2/6-2015/Trohanyak-Bogdan2.pdf>.

10. Trokhaniak, V. I. (2015). Vyznachennia koefitsiienta teploviddachi pry chyselnomu modeliuvanni trubnoho puchka [Definition of coefficient of heat transfer numerical simulation tube bundle]. Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu. №15(2), 332–337.

11. Horobets, V. H., Trokhaniak, V. I. (2015). Eksperymentalne doslidzhennia teploobminnoho aparata novoi konstruktsii [Experimental study heat exchanger new design]. Enerhetyka i avtomatyka. №4. Rezhym dostupu do resursu: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/viewFile/5247/5160>.

12. Horobets, V. H., Bohdan, Yu. O., Trokhaniak, V. I. (2017). Teploobminne obladnannia dlia koheneratsiinykh ustanovok [Heat-exchange equipment for cogeneration plants]. Kyiv: «PC «Komprint», 203.

13. Trokhaniak, V. I., Antipov, I. O., Bohdan, Yu. O. (2018). Rozrobka ta chyselne modeliuvannia teploobminnoho obladnannia novoi konstruktsii dlia system pidtrymannia mikroklimatu u ptashnykakh [Development and numerical simulation of

new design heat exchange equipment for microclimate maintenance systems in poultry houses]. *Naukovyi zhurnal KhNTUSH imeni Petra Vasylenka «Tekhnichniy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksu»*, №12, 50–58.

14. Trokhaniak, V. I., Antipov, I. O., Bohdan, Yu. O. (2018). Rozrobka ta chyselne modeliuvannya teploobminnoho obladnannya novoi konstruktsii dlia system pidtrymannia mikroklimatu u ptashnykakh [Development and numerical simulation of new design heat exchange equipment for microclimate maintenance systems in poultry houses]. *Naukovyi zhurnal KhNTUSH imeni Petra Vasylenka «Inzheneriia pryrodokorystuvannia»*, №1(9), 48–56.

15. Trokhaniak, V. I. (2015). Pobudova sitky ANSYS Meshing dlia CFD modelei metodom kintsevykh elementiv [Construction mesh in ANSYS Meshing models for CFD finite elements method]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia «Tekhnika ta enerhetyka APK»*, №209(2), 244–249.

16. Trokhaniak, V. I., Bohdan, Yu. O. (2015). Zastosuvannia metodu kintsevykh elementiv pry pobudovi sitky v Ansys Meshing dlia CFD modelei [The finite element method in making up meshes in ANSYS Meshing for CFD models]. *Visnyk Pryazovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu. Seriiia «Tekhnichni nauky»*, №30(2), 181–189.

17. Normy tekhnolohycheskoho proektyrovannia ptytsevodcheskykh predpriaty. NTP-APK 1.10.05.001-01(vzamen RNTP 4-93). – [Data vvedenyia 2002-01-03]. – Odobrenu NTS Mynselkhoza Rossyy (protokol ot 03.08.01 № 23).

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

В. И. Троханяк

Аннотация. *Данная статья является продолжением совершенствования систем поддержания микроклимата в птичниках и целью является разработка и численное моделирование кожухотрубного теплообменника новой конструкции для различных систем вентиляции.*

В птичнике традиционного типа рассматривается боковая и туннельная системы вентиляции и охлаждения приточного воздуха в летом. В статье проведена разработка теплообменных аппаратов для этих системы. Спроектировано и проведено численное моделирование теплообменников двух различных конструкций для систем вентиляции упомянутых выше. При разработке новых типов конструкций теплообменных аппаратов важную роль играют такие факторы, как их массогабаритные характеристики, эффективность теплопереноса через поверхность, разделяющую теплоносители, потери давления в трактах для каждого из теплоносителей и другие параметры, которые характеризуют теплообменный аппарат.

Определены более эффективные поверхности теплообмена и показана перспективность применения предлагаемых конструкций пучков труб при конструировании теплообменников различного назначения.

Ключевые слова: *теплообменный аппарат, численное моделирование, тепло- массообмен, птичник, система вентиляции*

NUMERICAL MODELING OF HEAT EXCHANGER FOR VARIOUS VENTILATION SYSTEMS

V. Trohanyak

Abstract. *This article is a continuation of the improvement of microclimate maintenance systems in poultry houses and the goal is to develop and numerically simulate a shell-and-tube heat exchanger of a new design for various ventilation systems.*

In the poultry house of the traditional type, side and tunnel ventilation and cooling systems for supply air are considered in summer. The article is devoted to the development of heat exchangers for these systems. Designed and carried out numerical simulation of heat exchangers of two different designs for the ventilation systems mentioned above. When developing new types of heat exchanger devices, factors such as their weight and size characteristics, the efficiency of heat transfer through the surface, separating heat carriers, pressure losses in the paths for each of the heat carriers and other parameters that characterize the heat exchanger play an important role.

More effective heat exchange surfaces are determined and the prospects of using the proposed tube bundle designs for designing heat exchangers for various purposes are shown.

Key words: *heat exchange apparatus, numerical modeling, heat-mass transfer, poultry house, ventilation system*