УДК 536.24

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПТАШНИКА НА ОСНОВІ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

В. А. Труш, студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: trohaniak.v@gmail.com

Анотація. *Розглянуто ідею модернізації вентиляційної систем для підтримання мікроклімату у пташниках, метою якої є розробка та чисельне моделювання кожухотрубного теплообмінника нової конструкції, як основного елемента системи вентиляції.*

Проведено комп'ютерне математичне моделювання процесів тепло- і масопереносу в пучках труб різної геометрії при компактному розміщенні труб з використанням комплексу програми ANSYS Fluent. Проаналізовано умови гідродинамічної течії в каналах та проведено оцінки інтенсивності теплопереносу між гарячим та холодним теплоносієм через стінку, що їх розділяє. Визначено найефективніші поверхні теплообміну та показано перспективність застосування пропонованих конструкцій пучків труб при конструюванні теплообмінників різного призначення.

Ключові слова: ***теплообмінний апарат, чисельне моделювання, тепло-масообмін, пучок труб, міжтрубні канали***

Актуальність. Правельно вибраний мікроклімат і його підтримка є необхідним чинником для підвищення продуктивності. При цьому важливою проблемою 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. В працях [1-6] на основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано та розроблено нову електротехнічну систему підтримання мікроклімату в пташнику, яка базується на використанні води підземних свердловин із застосуванням теплообмінників-рекуператорів для охолодження та нагрівання припливного повітря.

Найпоширенішими конструкціями теплообмінників, які переважно використовуються в теплообмінних устаткуваннях, є рекуперативні апарати. За своїми конструктивними відмінностями рекуперативні теплообмінники розділяються на кожухотрубні та пластинчасті. Кожна з цих конструкцій має свої переваги та недоліки залежно від умов експлуатації, гідродинамічних та температурних режимів роботи. Для енергозберігаючих вентиляційних систем більш ефективними є теплообмінники кожухотрубного типу.

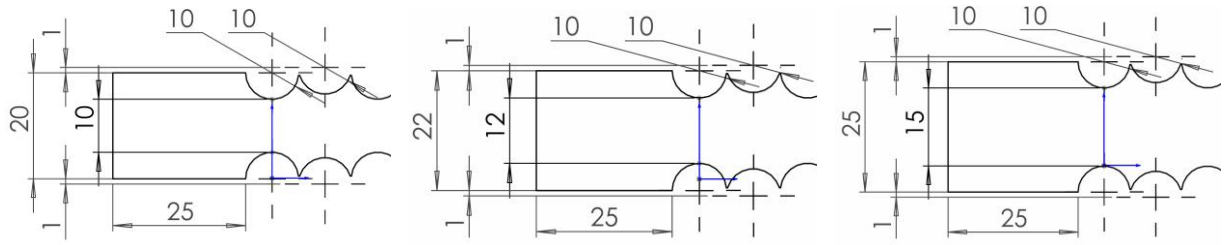
При розробці нових типів конструкцій теплообмінних апаратів (ТА) важливу роль відіграють такі фактори, як їх масогабаритні характеристики, ефективність теплопереносу через поверхню, що розділяє теплоносії, втрати тиску в трактах для кожного з теплоносіїв та інші параметри, які їх характерезують [7]. Крім оцінки вказаних факторів, використовують, наприклад, такий параметр як теплогідравлічна ефективність [8-11], що характеризує теплову продуктивність теплообмінника віднесену до одиниці потужності, необхідної для прокачування теплоносія в тракті теплообмінника.

У роботі розглядаються теплообмінники кожухотрубного типу, що мають нову конструкцію, яка відрізняється від традиційних [12-14]. В роботах [15-17] 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 основного елемента системи вентиляції.

Матеріали та методи дослідження. 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 три типи конструкції пучка, в яких є зміщення труб у поперечному напрямку по всій довжині трубного пучка на 10 мм, 12 мм і 15 мм (див рис. 1, а, б, в).

Так як застосоване зміщення цілого ряда на різну відстань, кількість рядів трубок змінюється (див. табл. 1). Кількість трубок в одному ряду, діаметром 10 мм, міститься 102 шт, що складаються із 2 колекторів. Висота труб 1000 мм.



а **б** **в**

Рис. 1. Розташування компактного пучка труб (вигляд зверху) зі зміщенням труб на:

а – 10 мм, б – 12 мм, в – 15 мм

1. Геометричні показники теплообмінних апаратів нової конструкції

Ширина ТА, мм	Ширина міжтрубного проходу, мм	Кількість труб в 1 колекторі, шт	Кількість колекторів, шт	Кількість рядів труб, шт
2640	10	51	2	132
2640	12	51	2	120
2650	15	51	2	106

Зроблено чисельне моделювання гідродинамічних процесів та процесів переносу теплоти в каналах із компактним розміщенням пучків труб. Для цього використано метод CFD моделювання і застосовано програми 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.

У всіх розрахунках виконано при об'ємні витрати повітря 86392 $м^3$/год. Теплоносієм вибрано повітря з температурою +40 ^{0}С на вході, яке протікає в каналах для охолодження зовнішнього нагрітого повітря у пташнику в літній період року, де як охолоджувач використовується вода підземних свердловин. В сою чергу холодна вода, що рухається всередині труб, яка має вхідну температуру +10 ^{0}С. Схема руху теплоносіїв має перехресний характер.

При чисельному розрахунку задач гідродинаміки і тепло- масопереносу використовується метод кінцевих елементів. Побудова сітки проводилося 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 межового шару методом загальної товщини (Total Thickness), товщиною першого шару $5\cdot10^{-5}$ м при кількості 6 шарів. Показник якості сітки Orthogonal Quality [18, 19] для усіх типів теплообмінників змінювалась і знаходиться в межах від 0,599 до 0,625. Мінімальний розмір елемента становив $5\cdot10^{-4}$ м.

Результати досліджень та їх обговорення. Результати чисельних розрахунків подано на рисунках 3−6. На рис. 3−5 показано зміну різних теплофізичних параметрів теплообмінного апарата різної конструкції. Зверху зображено ТА зі зміщеннями трубок на 15 мм, посередині на 12 мм і відповідно знизу на 10 мм. На рис. 3 наведено розподіл температурного поля в каналах теплообмінника. Як видно з рисунка температура теплоносія падає при наближенні до виходу з теплообмінника. Якщо на вході в теплообмінник вона

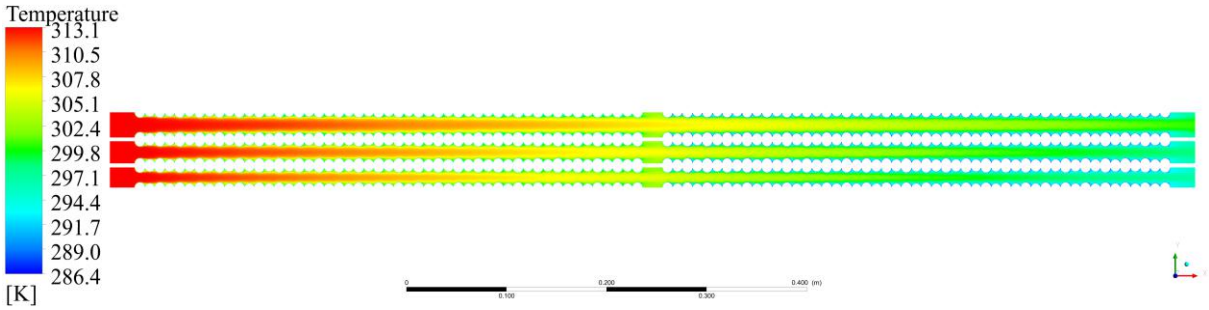


Рис. 3. Температурне поле теплоносія для різних типів конструкцій ТА

становила +40 ^{0}С, то на виході її усереднене значення для трьох типів ТА коливається від +23 до +27 ^{0} С. Більш детально по зміні теплофізичних параметрів теплоносія для різних типів конструкцій теплообмінника-рекуператора показано в таблиці 3.

На рис. 4 наведено розподіл поля тиску в каналах досліджуваних конструкцій теплообмінників. З отриманих розподілів тиску витікає, що загальне падіння тиску становить близько 930 Па для конструкції зі зміщенням на 10 мм. Для інших двох падіння тиску дещо менше.

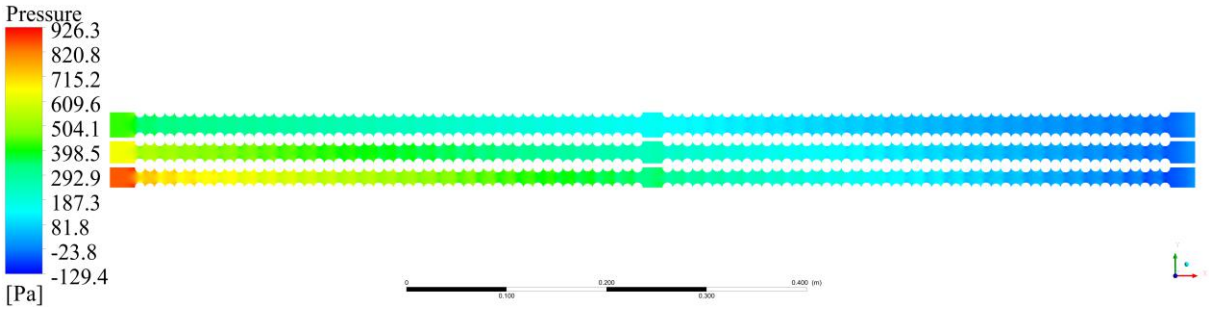


Рис. 4. Перепад тиску теплоносія для різних типів конструкцій ТА

На рис. 5 наведено поле швидкостей у каналах теплообмінників. Аналіз отриманого поля швидкостей показує, що максимальні значення швидкості потоку спостерігаються в найбільш вузьких каналах теплообмінника. В окремих точках каналу швидкість повітря досягає до 19,5 м/с, а середня швидкість повітря у найвужчому поперечному перерізі каналу, при зміщенні на 10 мм, становить близько 18 м/с (рис. 5). На ділянках каналу, що розділяє дві секції трубного пучка, мають місце застійні зони за останньою трубою кожного пучка. Крім того, такі

зони спостерігаються на ділянках криволінійного каналу для окремих елементів трубного пучка.

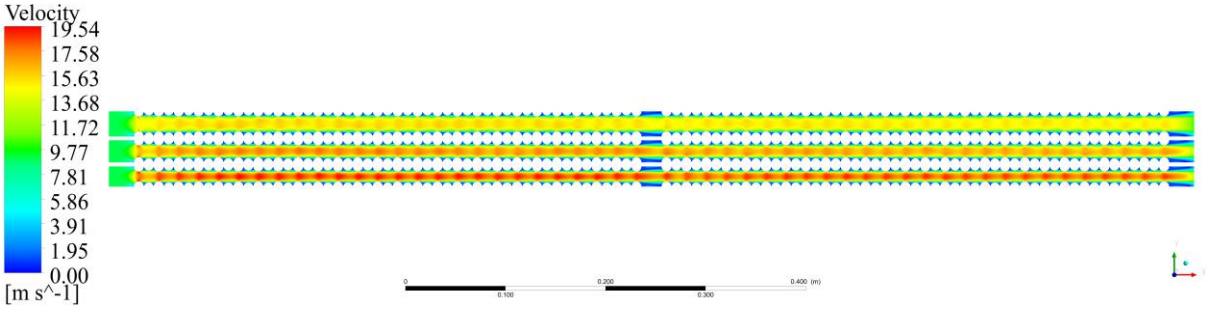


Рис. 5. Швидкість теплоносія в каналах ТА для різних типів конструкцій

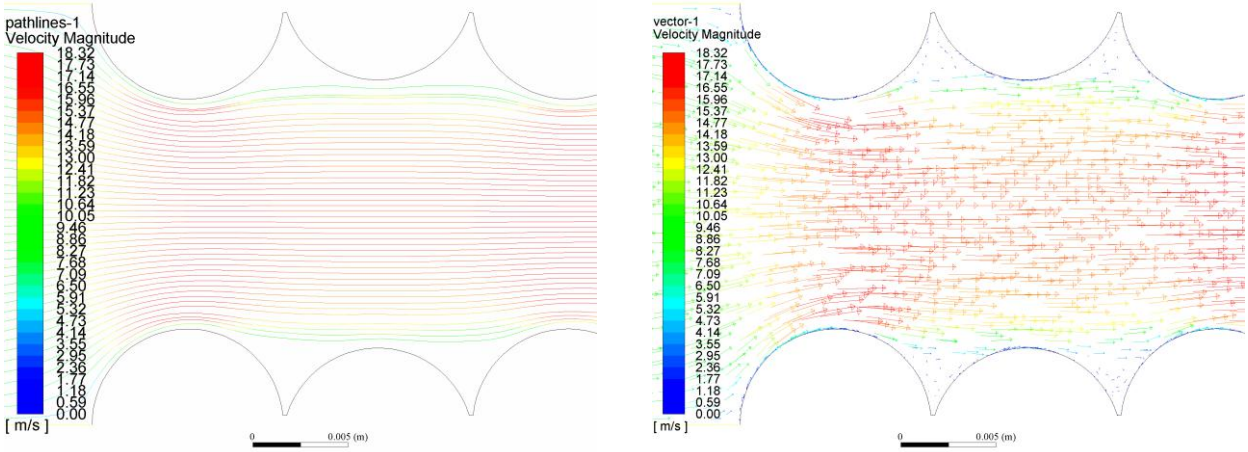


Рис. 6. Швидкість теплоносія в каналі ТА при зміщенні на 12 мм:

а – лінії току; б – вектор швидкості.

На рис. 6 також показано розподіл векторів швидкості в окремому елементі пучка труб. У верхній точці труби відбувається відрив межового шару, а на стику сусідніх труб є застійні зони. В цих зонах спостерігаються два відривних вихори, в яких швидкість потоку суттєво менша, ніж в основному потоці. Крім того, на рис. 6 а показано лінії току швидкості для виділеної ділянки каналу.

2. Геометричні та усереднені теплофізичні показники теплообмінних апаратів нової конструкції

Ширина міжтрубного проходу, мм	Тиск на вході, Па	Тиск на виході, Па	Температура повітря на виході, ^{o}C	Температура води на виході, ^{o}C	Кількість трубок в ТА, шт
10	902	52	22,75	26,70	6732
12	685	53	23,90	25,03	6120
15	472	48	25,81	22,82	5406

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. Враховуючи всі аспекти технікоекономічного аналізу, пропонується обрати ТА зі зміщенням на 12 мм. Комп'ютерне моделювання дає можливість проаналізувати умови гідродинамічної течії і теплопереносу в досліджуваних каналах. Перепад тиску сягає до 700 Па, вихідна температура до +24 ^{o}C, що повністю відповідає нормам технічного проектування [20]. Однак, як і в кожній системі є свій недолік, а це фінансові затрати на закупівлю та порізку труб, зварювання ТА. З таблиці 3 видно, що для виготовлення такого ТА необхідно 6120 м труби. Такі затрати себе оправдовують за рахунок збільшення маси птиці в літній період року та зменшення використання газу у зимовий період року.

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

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. 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. І. Троханяк // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2013. – Вип. 184, ч. 2. – С. 101–110.

3. Горобец В. Г. Компьютерное математическое моделирование процессов тепло- и массопереноса при вентиляции воздуха в птицеводческих помещениях / В. Г. Горобець, В. І. 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. 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. The numerical simulation of heat and mass transfer processes in tunneling air ventilation system in poultry houses / V. G.Gorobets, V. I. Trokhaniak, I. O. Antypov, Y. O. Bohdan. // INMATEH: Agricultural engineering. – 2018. – №55 (2). – С. 87–96.

6. Горобець В. Г. Енергоефективна система підтримання мікроклімату в птахівничих приміщеннях / В. Г. Горобець, В. І. Троханяк. – Київ: «ЦП «Компринт», 2017. – 194 с.

7. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообмінниках / А. А. Жукаускас. – М.: Наука, 1982. – 472 с.

8. Горобець В. Г. Теплогідравлічна 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.

9. 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.

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

11. Троханяк В. И. Оценка теплогидравлической эффективности кожухотрубного теплообменного аппарата с компактным размещением труб в пучках на основе компьютерного численного моделирования процессов

тепломассопереноса: [электронный ресурс] / В. И. Троханяк, Ю. А. Богдан // APRIORI. Серия «Естественные и технические науки». – 2015. – № 6. Режим доступа к ресурсу: http://apriori-journal.ru/seria2/6-2015/Trohanyak-Bogdan2.pdf.

12. 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.

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

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

15. 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.

16. 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.

17. Троханяк В. І. Чисельне моделювання теплообмінного апарата для різних систем вентиляції [Електронний ресурс] / В. І. Троханяк // Енергетика та автоматика. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/10905/9548.

18. 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.

19. Троханяк В. І., Богдан Ю. О. 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.

20. 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 matematychne modeliuvannia protsesiv teplo- i masoperenosu pry ventyliatsii 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). Matematychne modeliuvannia 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 pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriia «Tekhnika ta enerhetyka APK». №184(2), 101–110.

3. Horobets V. H., Trokhaniak V. Y. (2015). Kompiuternoe matematycheskoe modelyrovanye protsessov teplo- y massoperenosa pry ventyliatsyy vozdukha v ptytsevodcheskykh pomeshchenyiakh [Computer mathematical modeling of heat and mass transfer of air ventilation in poultry houses]. Vestnyk Vserossyiskoho nauchno-yssledovatelskoho 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. Seriia «Tekhnika ta enerhetyka APK». 224, 204–208.

5. Gorobets V. G., Trokhaniak V. I., Antypov I. O., Bohdan Yu. O. (2018). The numerical simulation of heat and mass transfer processes in tunneling air ventilation system in poultry houses, INMATEH: Agricultural engineering, 55(2), 87–96.

6. Horobets V. H., Trokhaniak V. Y. (2017). Energoefekty`vna sy`stema pidtry`mannya mikroklimatu v ptaxivny`chy`x pry`mishhennyax [Energy efficient system maintenance microclimate in poultry premises]. Kyiv: «PC «Komprint», 194.

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

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

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

10. Horobets V. H., Trokhaniak V. I. (2014). Modeliuvannia protsesiv perenosu ta teplohidravlichna 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. Seriia «Tekhnika ta enerhetyka APK». №194(2), 147–155.

11. Trokhaniak V. Y., Bohdan Yu. A. (2015). Otsenka teplohydravlycheskoi effektyvnosty kozhukhotrubnoho teploobmennoho apparata s kompaktnum razmeshchenyem trub v puchkakh na osnove kompiuternoho chyslennoho modelyrovanyia 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 «Estestvennыe y tekhnycheskye nauky». №6. Rezhym dostupa k resursu: http://apriori-journal.ru/seria2/6-2015/Trohanyak-Bogdan2.pdf.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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 «Tekhnichnyi servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksu», №12, 50–58.

16. 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 «Inzheneriia pryrodokorystuvannia», №1(9), 48–56.

17. Trokhaniak V. I. (2018). Chyselne modeliuvannia teploobminnoho aparata dlia riznykh system ventyliatsii [Numerical modeling of heat exchanger for various ventilation system]. Enerhetyka i avtomatyka. №3. Rezhym dostupu do resursu: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/10905/9548.

18. 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. Seriia «Tekhnika ta enerhetyka APK», №209(2), 244–249.

19. 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. Seriia «Tekhnichni nauky», №30(2), 181–189.

20. Normы tekhnolohycheskoho proektyrovanyia ptytsevodcheskykh predpryiatyi. 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).

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПТИЧНИКА НА ОСНОВЕ НОВЕЙШИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В. И. Троханяк, В. А. Труш

Аннотация. *Рассмотрена идея модернизации вентиляционной систем для поддержания микроклимата в птичниках, целью которой является разработка и численное моделирование кожухотрубного теплообменника новой конструкции, как основного элемента системы вентиляции.*

Работа рассматривает кожухотрубный теплообменник с кожухом прямоугольного сечения при поперечном обтекании пучков труб. Геометрия расположения труб с диаметром d = 10 мм является своеобразной, отличающийся от традиционных шахматных, коридорных и компактных пучков. Соседние трубы в таких тесных пучках смещены одна относительно другой на расстояние 1 мм. Причем рассмотрены три типа конструкции пучка, в которых смещение труб в поперечном направлении по всей длине трубного пучка на 10 мм, 12 мм и 15 мм.

Проведено компьютерное математическое моделирование процессов тепло- и массопереноса в пучках труб различной геометрии при компактном размещении труб с использованием комплекса программы ANSYS Fluent. Проанализированы условия гидродинамической течения в каналах и проведения оценки интенсивности теплопереноса между горячим и холодным теплоносителем через стенку, разделяющую их. Определены эффективные поверхности теплообмена и показана перспективность применения предлагаемых конструкций пучков труб при конструировании теплообменников различного назначения.

Ключевые слова: ***теплообменный аппарат, численное моделирование, тепло- массообмен, пучок труб, межтрубное каналы***

MODERNIZATION OF THE BATTERY VENTILATION SYSTEM BASED ON NEW TECHNOLOGIES

V. Trokhaniak, V. Trush

Abstract. *This article presents the idea of modernizing ventilation systems to maintain microclimate in poultry houses. The purpose of which is the development and numerical modeling of the shell and tube heat exchanger of the new design, as the main element of the ventilation system.*

The work looks at the shell and tube heat exchanger with a rectangular cross section in the transverse flow of pipe beams. The geometry of the pipes with diameters d = 10 mm is peculiar, which differs from the traditional chess, corridor and compact beams. Neighboring pipes in such close beams are displaced one relative to the other at

a distance of 1 mm. Moreover, we consider three types of beam construction, in which there is a displacement of pipes in a transverse direction along the entire length of the tube beam at 10 mm, 12 mm and 15 mm.

Computer-aided mathematical modeling of heat and mass transfer processes in tubes of different geometries with compact placement of pipes using the ANSYS Fluent program complex was carried out. The conditions of the hydrodynamic flow in the channels were analyzed and estimates of the heat transfer intensity between the hot and cold coolant through the wall separating them. The most effective heat transfer surfaces have been determined and the promise of application of the proposed conduits of the beams of pipes in the design of heat exchangers of various applications is shown.

Keywords: ***heat exchanger, numerical simulation, heat-mass transfer, tube bundle, inter-pipe channels***