УДК 536.24

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ БОКОВОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ПТАШНИКУ З ТРАДИЦІЙНИМ РОЗТАШУВАННЯМ ВИТЯЖНИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ

В. І. Троханяк

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція автора: trokhaniak_v@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – квітень 2020, акцептовано – серпень 2020.

Бібл. 13, рис. 12, табл. 2.

Анотація. З метою забезпечення нормованого і рівномірного внутрішнього середовища в пташнику, для великих виробництв, необхідні нові системи вентиляції. В рамках цього дослідження було проведено чисельне моделювання бокової системи вентиляції в пташнику у зимовий період року. В результаті отримано поля швидкостей, ліній току і тисків у пташнику в 3D постановці. Знайдено, що припливні клапана які розміщуються на висоті 200 мм від перекриття працюють значно ефективніше ніж в традиційній постановці на висоті 400 мм. Монтаж стін із внутрішнього боку каркасу пташника, а також зменшення висоти перекриття покращують аеродинаміку в пташнику.

Ключові слова: чисельне моделювання, аеродинаміка, пташник, бокова система вентиляції, припливні клапана.

Постановка проблеми

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.

На рис. 1 зображено традиційну конструкцію пташника. У ній стіни розташовані із зовнішньої сторони бетонного каркасу. Перекриття не є зменшеним. Таким чином аеродинаміка середовища в пташнику є погіршеною. Відбуваються застійні

зони повітряного потоку, що призводять до захворювання птиці та їх невідповідного утримання.

Рис. 1. Фрагмент традиційної конструкції пташника з припливними клапанами бокової вентиляції.

Fig. 1. Fragment of a traditional design of a poultry house with supply valves of lateral ventilation.

Тому розробка вдосконалених бокових систем вентиляції є актуальною проблемою і потребує свого вирішення.

Аналіз останніх досліджень

Авторами [1] були проаналізовані ефекти висоти (0,4 м, 0,55 м, 0,7 м, 0,85 м і 1 м) і інтервалів (6 м, 9 м, 12 м, 15 м і 18 м) дефлекторів на швидкість і розподіл повітря в кліткових зонах. Дослідження показало, що дефлектори можуть значно направляти потік повітря вниз. Збільшувати швидкість повітря в кліткових і прохідній зоні на 0,66 м/с і 0,91 м/с відповідно, ніж без дефлекторів, коли дефлектори були заввишки 1 м з інтервал 6 м.

Автори у публікаціях [2–4] запропонували нову систему охолодження в пташнику з використанням теплообмінних апаратів спеціальної конструкції [5–8]. Провели CFD моделювання потоків повітря і тепло- масообміну в приміщенні пташника. В них в якості охолоджувача використовується вода підземних свердловин. Дано рекомендації по вибору конструкції систем вентиляції в пташниках. В продовженні даних досліджень [9] автори оптимізували висоту витяжних вентиляторів. Показано, що вентиляційне обладнання доцільно встановлювати на висоті 1,5 м. При цьому

зменшується величина застійних зон та нерівномірність розподілу швидкості повітря поблизу птиці.

З метою зниження витрати енергії та підвищення якісних показників повітряного середовища під час забезпечення необхідних умов утримання птиці [10] автори провели експериментальні дослідження та чисельне моделювання. В процесі досліджень досягнули зменшення енерговитрат для забезпечення мікроклімату під час вирощування бройлерів. Підвищили якість повітряного середовища пташників. Дало змогу зменшити витрати кормів та втрати поголів'я птиці і, як результат, підвищити економічну ефективність виробництва та якість готової продукції.

Автори [11, 12] вважають, що метод бокової механічної системи вентиляції є більш ефективним порівняно з іншими методами. Моделювання CFD показали широкий діапазон від значень швидкості потоку повітря. Відносно швидкості повітря в приміщенні були зроблені два основні висновки: 1 - надмірна неоднорідність в площині, де знаходилися тварини; і 2 - недостатній рух повітря, щоб внести свій внесок в терморегуляцію з птиці.

В роботі [13] представлено рішення CFD для різних конфігурацій потоку і форми пташника. Ефекти поперечної і поздовжньої вентиляції поєднуються зі змінами напрямків вхідних повітряних потоків, а також з різною формою поперечного перерізу, отриманої за допомогою клапанів. В даній роботі розглядається конструкція пташника таким чином, що стіни розташовані на зовнішній стороні бетонного каркасу. Така конструкція погіршує аеродинаміку в середині пташника. Дуже багато застійних повітряних зон. За рахунок високого перекриття, тепло у зимовий період зосереджене над птицею. Що супроводжує збільшення енергетичних витрат на нагрів приміщення.

Мета досліджень

Модернізація конструкції пташника, пошук ефективного розташування припливних клапанів та вдосконалення аеродинамічних характеристик в приміщенні пташника за допомогою чисельного моделювання.

Результати досліджень

Згідно технічного завдання виконано інженерний розрахунок повітрообміну у зимовий період року. Для видалення вуглекислого газу, водяних парів та шкідливих домішок необхідно забезпечити витрати повітря близько 155 тис м³/год при зовнішній температурі -10 °C.

Геометрія побудована в реальних розмірах. Для зменшення розрахункового часу в середині по довжині приміщення застосовано симетрію. Тобто моделювання проведено лише для половини

пташника. Розрахунки проведені при витраті повітря 45,2 кг/с. Температура зовнішнього повітря приймається рівною -10 °C та вводять параметри теплового випромінювання. Стіни виконані з бетону та утеплені пінопластом 35 кг/м³ товщиною відповідно: 60/150/60 мм. Покрівля напилена пінополіуретаном 100 мм 45 кг/м³. Підлога утеплена пінополістиролом 45 кг/м³ товщиною 100 мм на ширину 2 м від стіни по периметру пташника, решта площі – 50 мм. Довжина пташника 120 м, ширина – 22,36 м (див. рис. 2). У птахівничих приміщеннях птиця при підлоговому утриманні в кількості 41 тис, маса – 3,3 кг. Вона є джерелом теплоти і відповідає +41 °C. Використовується вентиляційний клапан Wlotpowietrza 857x337 mm 3000-VFG Przepustowosc 2900 м³/год. Вони розташовані на бічних стінках в загальній кількості 79 шт (рис. 5а). Перші 10 вентиляційних клапанів розташовані на висоті 0,2 м від перекриття (див. рис. 3б, рис. 5а). Решта клапанів на висоті 0,4 м від перекриття (див. рис. 3а, 4, 5а (Н5)). Одним із конструкторських рішень є встановлення, над припливними клапанами, спойлер під кутом нахилу 75° від вертикалі (див. рис. 4 (А20)). Довжина спойлера 0,8 м (L9). Витяжні вентилятори Munters EM50 1,5 Нр в загальній кількості 18 шт. У зимовий період року використовується 6 шт. із традиційним розташуванням (див. рис. 5б), у верхньому ряді зміщені ближче до центру. Такі вентилятори можуть витримувати максимальне довготривале навантаження до 58 Па.

Рис. 2. Запропонований план конструктивних розмірів пташника в поперечному перерізі.

Fig. 2. The plan of the constructive sizes of a poultry house in cross section is offered.

Рис. 3. Місця розташування клапанів по поздовжніх стінах: а – малі клапани, б – клапани тунельної вентиляції.

Fig. 3. Locations of valves on longitudinal walls

На рис 4 схематично показано вигляд збоку кута нахилу клапана. Конструктивно схема вентиляції побудована так, що для нормалізації аеродинамічних параметрів у пташниках в зимовий період року потік повітря досягав центру приміщення. Використання даного способу дозволяє знизити втрати тиску припливного повітря в приміщенні пташника. Тому внесено конструктивні зміни, ширину приміщення збільшено з 21 м, в традиційній постановці, до 22,36 м в новій постановці. На рис. 4 показано максимальне відкривання клапана на 0,1 м (H16).

Рис. 4. Кути нахилу припливних клапанів та спойлера.

Fig. 4. Tilt angles of supply valves and spoiler.

Рис. 5. Бокова (а) та задня торцева (б) стінки пташника.

Fig. 5. Lateral (a) and rear end (b) walls of the poultry house.

Кількість елементів та граней достатньо велика (табл. 1). Враховуючи великі розміри приміщення, розмір елемента та грані збільшено не на багато із-за

обмеження продуктивної та розрахункової потужності комп'ютера.

Таблиця 1. Параметри побудови сітки для птахівничого приміщення.

Table 1. Parameters of construction of a grid for a poultry house.

Параметри настройки	Показник
Показчик якості сітки (orthogonal quality)	0,234
Кількість елементів, шт	3812864
Кількість вузлів, шт	4005172
Метод	CutCell
Максимальний розмір грані, м	0,11
Мінімальний розмір грані, м	0,0275
Мінімальний розмір елемента припливних клапанів, м	0,0276
Мінімальний розмір елемента витяжних вентиляторів, м	0,05

На рис. 6 зображено побудовану сітку птахівничого приміщення з фронтальної та бокової сторони, отвори припливного повітря та вхідних воріт. Сітка дещо зменшена відносно решти площі стінки. Дані заходи застосовані для покращеного розрахунку гідродинаміки. Також здійснили згущення сітки поблизу підлоги у зв'язку з розташуванням на ній птиці.

Рис. 6. Сітка з бічної сторони (а) та із задньої торцевої сторони (б) пташника.

Fig. 6. Mesh on the side (a) and on the rear end side (b) of the poultry house.

Використовуючи метод кінцевих елементів побудовано розрахункову сітку 3D в програмному комплексі ANSYS Meshing для розв'язку задач гідродинаміки і теплопереносу в птахівничому приміщенні. В результаті побудови різноманітних сіток для чисельного моделювання, вибрано найбільш оптимальні та якісні, що дають змогу отримати достовірні та точні результати розрахунку вентиляційних потоків у пташнику. Моделювання проводилось без додаткової системи опалення.

Рух в'язкої рідини або газу (повітря) описується системою рівнянь, яка включає рівняння нерозривності й рівняння збереження кількості руху в проекціях на осі координат. Якщо рух середовища супроводжується теплопереносом, до системи названих рівнянь додається рівняння збереження енергії (рівняння теплопереносу).

В основі математичної моделі лежать рівняння Нав'є-Стокса і рівняння переносу енергії для конвективних течій. У розрахунках застосована модель турбулентності Спаларта-Аллараса та модель випромінювання Discrete Ordinates.

Наведені результати чисельного моделювання пташника в 3D, які дають можливість порівняти три різновиди відкривання клапанів при боковій системі вентиляції пташника. Для проведення чисельного моделювання, попередньо здійснюють побудову сітки 3D методом кінцевих елементів в ANSYS Meshing.

На рис. 7-12 показано результати чисельного моделювання пташника на двох ділянках по довжині приміщення – 10,3 м. і 52,3 м., при витраті повітря 45,2 кг/с.

Рис. 7. Поле температур (°C) в приміщенні пташника при витраті повітря 45,2 кг/с на відстані від передньої торцевої стінки: а – 10,3 м; б – 52,3 м.

Fig. 7. Temperature field (°C) in the poultry house at an air flow rate of 45.2 kg/s at a distance from the front end wall.

Рис. 8. Поле швидкостей (м/с) в приміщенні пташника при витраті повітря 45,2 кг/с на відстані від передньої торцевої стінки: а – 10,3 м; б – 52,3 м.

Fig. 8. Velocity field (m/s) in the poultry house at an air flow rate of 45.2 kg/s at a distance from the front end wall

На рис. 7 показано поле температур в пташнику на відстані 10,3 м. (рис. 7 а) повітря яке заходить в приміщення, плавно направлене до центра приміщення і минаючи основний масив птиці. А на відстані 52,3 м. (рис. 7 б) по довжині приміщення такої картини не спостерігається. Холодне повітря з температурою від -5 до -2 °C направляється до центра приміщення і омиває птицю.

На рис. 8-9 показано гідродинаміку потоку повітря в пташнику. Як уже згадувалось вище, потік повітря направлений у гору припливними клапанами. Однак за рахунок малих тисків і швидкостей на вході, повітря після проходження третини приміщення падає вниз. Лише клапани які знаходяться на висоті 200 мм. від перекриття (рис. 8 а, рис. 9 а) плавно проходить поблизу поверхні перекриття і направляється до центра приміщення. Клапани які знаходяться на висоті 400 мм. від перекриття не дають такого ефекту. Це може бути визвано збуренням яке відбувається за рахунок великих об'ємів приміщення. Середня швидкість повітря на вході при становить 9,63 м/с.

Рис. 9. Лінії току (м/с) в приміщенні пташника при витраті повітря 45,2 кг/с на відстані від передньої торцевої стінки: а – 10,3 м; б – 52,3 м.

Fig. 9. Current lines (m/s) in the poultry house at an air flow rate of 45.2 kg/s at a distance from the front end wall.

На рис 10 показано поле швидкостей по площині приміщення на висоті 0,7 м. від рівня підлоги. Дані результати допоможуть оцінити швидкість повітря над птицею. Середня швидкість повітря – 0,696 м/с, що відповідає нормам технічного проектування. Лише поблизу витяжних вентиляторів швидкість дещо більша 2 м/с. Основний масив птиці не будуть відчувати дискомфорту.

На рис. 11-12 представлено лінії току та об'ємних витрат повітря для пташника в 3D. Приведені результати показують що клапани які розташовані на 400 мм. від перекриття працюють не ефективно. Враховуючи таке розташування витяжних вентиляторів, повітря направляється по приміщенні в турбулентному режимі, створюючи так звану, повітряну трубу – близько на 22 м. Після цього повітря формується в однорідний потік і виходить на зовні. Більш детально можна побачити на рис. 9 б.

На рис. 10 показано втрати тиску у припливних клапанах. Падінням тиску є 56,81 Па – при 45,2 кг/с.

Рис. 10. Втрати тиску (Па) в припливному клапані приміщенні пташника при витраті повітря 45,2 кг/с на відстані від передньої торцевої стінки: а – 10,3 м; б – 52,3 м.

Fig. 10. Pressure loss (Pa) in the supply valve in the poultry house at an air flow rate of 45.2 kg/s at a distance from the front end wall.

У таблиці 2 представлено більш детальну інформації результатів чисельного моделювання.

Таблиця 2. Середні показники повітря в пташнику.

Table 2. Average air in the poultry house.

Параметри	Результат
Витрата повітря на вході для половини пташника, кг/с	45,2
Витрата повітря на вході для половини пташника, м ³ /год	121634,4
Витрата повітря на вході для повного пташника, м ³ /год	243268,8
Тиск на вході, Па	56,80748
Тиск на виході, Па	-3,9018
Температура на вході, К	263,961
Температура на виході, К	272,241
Швидкість на вході, м/с	9,633385
Швидкість на виході, м/с	9,010783
Швидкість на висоті 0,7 м від рівня підлоги, м/с	0,696554
Густина на вході, кг/м ³	1,337779
Густина на виході, кг/м ³	1,296898

Рис. 11. Лінії току 3D (м/с) в приміщенні пташника при витраті повітря 45,2 кг/с.

Fig. 11. Current lines 3D (m/s) in the poultry house at an air flow rate of 45.2 kg/s.

Рис. 12. Візуалізація об'ємної витрати повітря пташника в межах від 0 до 2 м/с.

Fig. 12. Visualization of poultry air volume flow in the range from 0 to 2 m/s.

У зимовий період густина припливного повітря є більшою ніж у літній. Тому подача повітря при боковій системі вентиляції до центра пташника є важко здійсненою.

Автором рекомендується в подальшому на етапі проведення проектування бокової системи вентиляції врахувати, що припливні клапана встановлювати не нижче ніж на висоті 200 мм від рівня перекриття.

Висновки

1. Модернізовано конструкцію пташника — запропоновано: встановити спойлери над припливними клапанами під кутом 75° від вертикалі; зовнішні стіни змонтувати із внутрішньої сторони бетонного каркасу; збільшити ширину пташника до 22,36 м; висоту перекриття зменшити до висоти 3,9 м над рівнем підлоги.

2. Проведено пошук ефективного розташування припливних клапанів та вдосконалення аеродинамічних характеристик в приміщенні

пташника за допомогою чисельного моделювання. Найменшим падінням тиску є 56,8 Па при витраті повітря 45,2 кг/с.

3. Із проведених досліджень встановлено, що клапани які знаходяться на висоті 200 мм від перекриття працюють значно ефективніше. Клапани які знаходяться на висоті 400 мм від перекриття не дають такого ефекту.

Список літератури

1. *Cheng Q. Y., Li H., Rong L., Feng X. L., Zhang G. Q., Li B. M.* Using CFD to assess the influence of ceiling deflector design on airflow distribution in hen house with tunnel ventilation. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. Vol. 151. P. 165-174. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.029>.

2. *Gorobets V. G., Trokhaniak V. I., Antypov I. O., Bohdan Yu. O.* The numerical simulation of heat and mass transfer processes in tunneling air ventilation system in poultry houses. *INMATEH: Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 55. № 2. P. 87-96.

3. *Gorobets V. G., Bohdan Yu. O., Trokhaniak V. I., Antypov I. O.* Experimental studies and numerical modelling of heat and mass transfer process in shell-and-tube heat exchangers with compact arrangements of tube bundles. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 240. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824002006>.

4. *Gorobets, V. Bohdan, Y. Trokhaniak V., Antypov I., Masiuk M.* Summarizing of Nusselt numbers and Euler numbers in depending of Reynoldsnumber for the compact tube bundle of small diameter tubes by experimental and numerical methods of researches. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 128. P. 04003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912804002>.

5. *Gorobets V. G., Trokhaniak V. I., Rogovskii I. L., Titova L. L., Lendiel T. I., Dudnyk A. O., Masiuk M. Y.* The numerical simulation of hydrodynamics and mass transfer processes for ventilating system effective location. *INMATEH: Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 56. № 3. P. 185-192.

6. *Trokhaniak V. I., Rutylo M. I., Rogovskii I. L., Titova L. L., Luzan O. R., Bannyi O. O.* Experimental studies and numerical simulation of speed modes of air environment in a poultry house. *INMATEH Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 59. № 3. P. 9-18. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-59-01>.

7. *Bustamante E., Calvet S., Estelles F., Torres A., Hospitaler A.* Measurement and numerical simulation of single-sided mechanical ventilation in broiler houses. *Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 160. P. 55-68.

8. *Pourvosoghi N., Nikbakht A. M., Sharifian F., Najafi R.* Numerical analyses of air velocity and temperature distribution in poultry house using computational fluid dynamics. *INMATEH: Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 56. № 3. P. 109-118.

9. *Zajicek M., Kic P.* Improvement of the broiler house ventilation using the CFD simulation. *Agronomy Research*. 2012. Vol. 10. Special Issue 1. P. 235-242.

10. *Khmelnik S. I.* Navier-Stokes equations. On the existence and the search method for global solutions – *Mathematics in Computers: MiC*, 2018. 134 p.

11. *Trokhaniak V., Klendii O.* Numerical simulation of hydrodynamic and heat-mass exchange processes of a microclimate control system in an industrial greenhouse. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. 2018. Vol. 11(60), №. 2. P. 171-184.

12. *Allmaras S. R., Johnson F. T., Spalart P. R.* Modifications and clarifications for the implementation of the spalart-allmaras turbulence model. 7th International Conference on Computational Fluid Dynamics. 2012. P. 9-13.

13. ANSYS. ANSYS Fluent Theory Guide. Release 18.2 – Published in the USA, 2017, 832 p.

References

1. *Cheng Q. Y., Li H., Rong L., Feng X. L., Zhang G. Q., Li B. M.* (2018). Using CFD to assess the influence of ceiling deflector design on airflow distribution in hen house with tunnel ventilation. *Computers and Electronics in Agriculture*. 151. 165-174. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.029>.

2. *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.

3. *Gorobets V. G., Bohdan Yu. O., Trokhaniak V. I., Antypov I. O.* (2018). Experimental studies and numerical modelling of heat and mass transfer process in shell-and-tube heat exchangers with compact arrangements of tube bundles. *MATEC Web of Conferences*. 240. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824002006>.

4. *Gorobets, V. Bohdan, Y. Trokhaniak V., Antypov I., Masiuk M.* (2019). Summarizing of Nusselt numbers and Euler numbers in depending of Reynoldsnumber for the compact tube bundle of small diameter tubes by experimental and numerical methods of researches. *E3S Web of Conferences*. 128. 04003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912804002>.

5. *Gorobets V. G., Trokhaniak V. I., Rogovskii I. L., Titova L. L., Lendiel T. I., Dudnyk A. O., Masiuk M. Y.* (2018). The numerical simulation of hydrodynamics and mass transfer processes for ventilating system effective location. *INMATEH: Agricultural Engineering*. 56(3). 185-192.

6. *Trokhaniak V. I., Rutylo M. I., Rogovskii I. L., Titova L. L., Luzan O. R., Bannyi O. O.* (2019). Experimental studies and numerical simulation of speed modes of air environment in a poultry house. *INMATEH Agricultural Engineering*. 59(3). 9-18. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-59-01>.

7. *Bustamante E., Calvet S., Estelles F., Torres A., Hospitaler A.* (2017). Measurement and numerical simulation of single-sided mechanical ventilation in broiler houses. *Biosystems Engineering*. 160. 55-68.

8. *Pourvosoghi N., Nikbakht A. M., Sharifian F., Najafi R.* (2018). Numerical analyses of air velocity and temperature distribution in poultry house using computational fluid dynamics. *INMATEH: Agricultural Engineering*. 56(3). 109-118.

9. *Zajicek M., Kic P.* (2012). Improvement of the broiler house ventilation using the CFD simulation. *Agronomy Research*. 10 (1). 235-242.

10. *Khmelnik S. I.* (2018). Navier-Stokes equations. On the existence and the search method for global solutions – *Mathematics in Computers: MiC*. 134.

11. *Trokhaniak V., Klendii O.* (2018). Numerical simulation of hydrodynamic and heat-mass exchange processes of a microclimate control system in an industrial greenhouse. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. 11(60-2). 171-184.

12. *Allmaras S. R., Johnson F. T., Spalart P. R.* (2012). Modifications and clarifications for the implementation of the spalart-allmaras turbulence model. *7th International Conference on Computational Fluid Dynamics*. 9-13.

13. ANSYS (2017). ANSYS Fluent Theory Guide. Release 18.2 – Published in the USA. 832.

As part of this study, numerical simulations of the lateral ventilation system in the poultry house during the winter period of the year were performed. The result is the fields of velocities, current lines and pressures in the poultry house in a 3D setting. It was found that the supply valves located at a height of 200 mm from the floor work much more efficiently than in the traditional setting at a height of 400 mm. Installation of walls on the inside of the poultry house frame, as well as reducing the height of the floor improve the aerodynamics in the poultry house.

Key words: numerical simulation, aerodynamics, poultry house, side ventilation system, fresh air valves.

В. И. Троханяк ORCID 0000-0002-8084-1568.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БОКОВОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПТИЧНИКЕ С ТРАДИЦИОННЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ВЫТЯЖНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

В. И. Троханяк

Аннотация. С целью обеспечения нормированного и равномерного внутренней среды в птичнике, для крупных производств, необходимы новые системы вентиляции. В рамках этого исследования был проведен численное моделирование боковой системы вентиляции в птичнике в зимний период года. В результате получено поля скоростей, линий тока и давления в птичнике в 3D постановке. Найдено, что приточные клапана, которые размещаются на высоте 200 мм от перекрытия работают значительно эффективнее в традиционной постановке на высоте 400 мм. Монтаж стен с внутренней стороны каркаса птичника, а также уменьшение высоты перекрытия улучшают аэродинамику в птичнике.

Ключевые слова: численное моделирование, аэродинамика, птичник, боковая система вентиляции, приточные клапана.

NUMERICAL SIMULATION AS METHOD OF RESEARCH AND IMPROVEMENT OF SIDE VENTILATION SYSTEM IN POULTRY HOUSE WITH TRADITIONAL RANKING OF EXHAUST FANS

V. I. Trokhaniak

Abstract. In order to ensure a normalized and uniform internal environment in the poultry house, for large productions, new ventilation systems are needed.