

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНЕРГООЩАДНИХ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ ПТАХІВНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

© Макаревич Т.Т., Ярослав В. Ю., 2012

Виконано теоретичний аналіз експериментальних досліджень з метою розроблення комплексних заходів для проведення реконструкції діючих виробничих приміщень птахівничих підприємств із впровадженням інноваційних систем мікроклімату (СМ), що дає змогу значно скоротити споживання енергії підприємств та підвищити надійність забезпечення їх технологічного процесу.

Ключові слова: птахівничі підприємства, мікроклімат, енергоощадність.

Theoretical analysis of experimental investigations with a view to fulfil complex actions for the reconstruction of the poultry enterprises by introducing innovative heating and ventilating systems with the considerable decrease of the energy consumption and to improve the reliability of a technological process has been performed.

Key words: poultry enterprises, microclimate, energysaving.

Постановка проблеми. Пошуки ефективних заходів з економії енергоресурсів в галузі аграрно-промислового комплексу, та у птахівництві зокрема, приваблюють найбільший інтерес науковців та практиків. На особливу увагу заслуговують питання наукового обґрунтування вдосконалення СМ виробничих приміщень в процесі їх реконструкції та впровадження комплексу інноваційних методів, інженерних розробок, які вагомо забезпечують енергоощадність експлуатації таких систем і зростання ефективності роботи птахівничих підприємств, які сьогодні споживають близько 70 % енергоресурсів тільки на забезпечення нормативного технологічного мікроклімату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Забезпечення допустимого та оптимального мікроклімату пташників [1–3], що вивчається у світовій науці з енергозбереження [4, 5] відіграє важливу роль в ефективності роботи підприємств та розширює горизонти у розробці та впровадженні інноваційних технологій систем та комплексів не тільки в галузі АПК, а й у більшості виробничих будівель багатьох галузей економіки [1]

Мета роботи – для комплексної оцінки ефективності реконструкції діючих птахівничих підприємств необхідно систематизувати практичні рекомендації, які ґрунтуються на наукових дослідженнях СМ, енергозаощадження та технологій реконструкції виробничих будівель.

Виклад основного матеріалу. Потреби України в паливі та енергії безперервно зростають. Тому, щоб не йти на значні капіталовкладення, необхідно домагатись раціональнішого використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) [1]. Системи мікроклімату (СМ) будинків (опалення, вентиляція, кондиціонування повітря) споживають близько 40 % видобутого у країнах СНД твердого та газоподібного палива і близько 10 % виробленої електричної енергії [4]. Наприклад, для забезпечення потрібних параметрів мікроклімату під час промислового виробництва яєць у кліматичних умовах України традиційними опалювально-вентиляційними системами витрачається 35–50 МДж теплової енергії на голову птиці за рік [5].

Світова практика показує, що провідним напрямком ефективного розвитку птахівничих підприємств є реконструкція і технічне переобладнання існуючих пташників [3]. Адже птахів-

ництво загалом є найенергомісткішим сьогодні серед усіх агропромислових і тваринницьких підприємств. Основна кількість енергії (близько 70 %) витрачається на створення необхідного технологічного мікроклімату пташників. Тому основний резерв енергозаощадження птахівничих підприємств потрібно шукати у комплексному вдосконаленні будівель та систем забезпечення мікроклімату пташників.

Впровадження інноваційних проектів з енергозаощадження таких технологічних будівель часто пов'язане з додатковими капітальними затратами в будівництво та реконструкцію. При цьому виникає потреба у нових видах матеріалів та виробів. Тому, передусім, доцільно впроваджувати способи та засоби енергозаощадження, з допомогою яких можна досягнути найбільших економічних та теплотехнічних (технологічних) ефектів за мінімальних додаткових капітальних вкладень та без створення напруги у суміжних галузях промислового виробництва [1].

У забезпеченні необхідних технологічних умов мікроклімату виробничих будівель птахівничих підприємств значна роль відводиться теплотехнічним властивостям зовнішніх захищень. Тому слід ретельно підходити до проектування вискоелективних СМ пташників з врахуванням системного комплексу нормативних документів України, в основу яких покладено ДБН В.2.6-31:2006 та ДБН В.1.2.-11:2008, який повністю покриває нормативний простір, встановлений ЄС стосовно енергоефективності будинків (Directive 2002/91/EC).

Під час промислового виробництва з інтенсивними методами вирощування і утримання птиці необхідно в кожному конкретному випадку вирішувати комплексно організацію теплозахисту пташників, взаємне розташування повітрязабірних та витяжних споруд систем вентиляції та кондиціонування повітря. Також індивідуально підходити до конструктивних рішень комплексних завдань СМ пташників з урахуванням нормативно необхідних зоотехнічних умов приміщень за впливу на них зовнішніх кліматичних особливостей певних географічних районів України в цілодобовому режимі експлуатації таких будівель [3].

Значні різновиди технологій утримання птиці, конструктивно-планувальних рішень будівель пташників, істотна різниця параметрів зовнішнього клімату (в холодний та теплий періоди року) у різних територіальних зонах України та інші чинники не дають можливості уніфікувати СМ для усіх практичних випадків.

З метою розробки уніфікованих рекомендацій для типових пташників на 30–32 тис. курей-несучок ми виконали комплекс натурних експериментальних та лабораторних досліджень на прикладі одного з птахівничих підприємств Ужгородського району Закарпатської області. Будівля пташників цегляна з утепленою двоскатною суміщеною покрівлею. У виробничому приміщенні встановлено чотири ряди триярусних кліткових батарей БКН-3 вздовж пташника. Враховувалося, що навантаження (посадка птиці) на 1 м² підлоги пташника становить 21,5 голів птиці/м², середня вага однієї птиці – 1,6 кг, а вихід посліду від птиці – 6,3 т/добу.

Існуючі системи опалення і вентиляції запроектовані за умов розрахункової температури зовнішнього повітря $t_3^x = -18^\circ\text{C}$. Причому в холодний період року опалення приміщення для утримання курей-несучок є суміщене з припливною вентиляцією. Джерелом тепла є два теплогенератори типу ОТГ-180, встановлені в окремих камерах. Витрата теплоти для підігрівання припливного повітря за зовнішньої температури -7°C та за умов подачі повітря у верхню зону приміщення становить $Q_{np} = 180 \text{ кВт}$. Продуктивність двоприпливних вентиляційних систем становить $\sum L_{np}^x = 28000 \text{ м}^3 / \text{год}$. Видалення відпрацьованого повітря відбувається тільки з нижньої зони за допомогою вісьових вентиляторів з багатошвидкісними електродвигунами потужністю по $N'_y = 0,3 \div 0,6 \text{ кВт}$, $L_{sum}^{\min} = 10000 \text{ м}^3 / \text{год}$.

У перехідний період року приплив свіжого зовнішнього повітря здійснюється за допомогою 26 утеплених вентиляційних шахт, облаштованих у межах конька покрівлі. Видалення відпрацьованого повітря відбувається аналогічно до режиму холодного періоду року. Загальний повітрообмін становить в середньому $\sum L_{np}^n \approx 67000 \text{ м}^3 / \text{год}$.

У літній період року подача (засмоктування через верхні вентилятори) свіжого “неопрацьованого” зовнішнього повітря здійснюється за рахунок роботи осьових витяжних вентиляторів (17 шт.), згаданих вище. Максимальний повітрообмін сягає $\sum L_{np}^l = 153000 \text{ м}^3 / \text{год}$, тобто з розрахунку подачі свіжого повітря $L_o^l = 4,1 \text{ м}^3 / \text{год}$ на 1 кг живої ваги птиці. Враховуючи мінімальний повітрообмін у холодний період року $L_{\min}^l = 0,33 \div 0,9 \text{ м}^3 / \text{год}$ на 1 кг живої ваги птиці, згідно з зоотехнічними нормами України, країн СНД та інших країн світу [1], маємо значний резерв економії на перехідний та літній періоди року. Для здійснення повітрообміну у таких пташниках можлива реалізація СМ за допомогою централізованих або автономних інноваційних агрегатів мікроклімату, робота яких може ґрунтуватись, наприклад, на утилізації тепла витяжного повітря пташників у комплексі з реконструкцією покрівлі та інших конструктивних елементів будівлі [3–5].

Проведений експериментальний аналіз дав змогу використовувати базові модулі організації повітрообміну на основі вищезгаданого типового пташника. Для цього розроблено чотири характерні модельні схеми, які зображені на рис. 1.

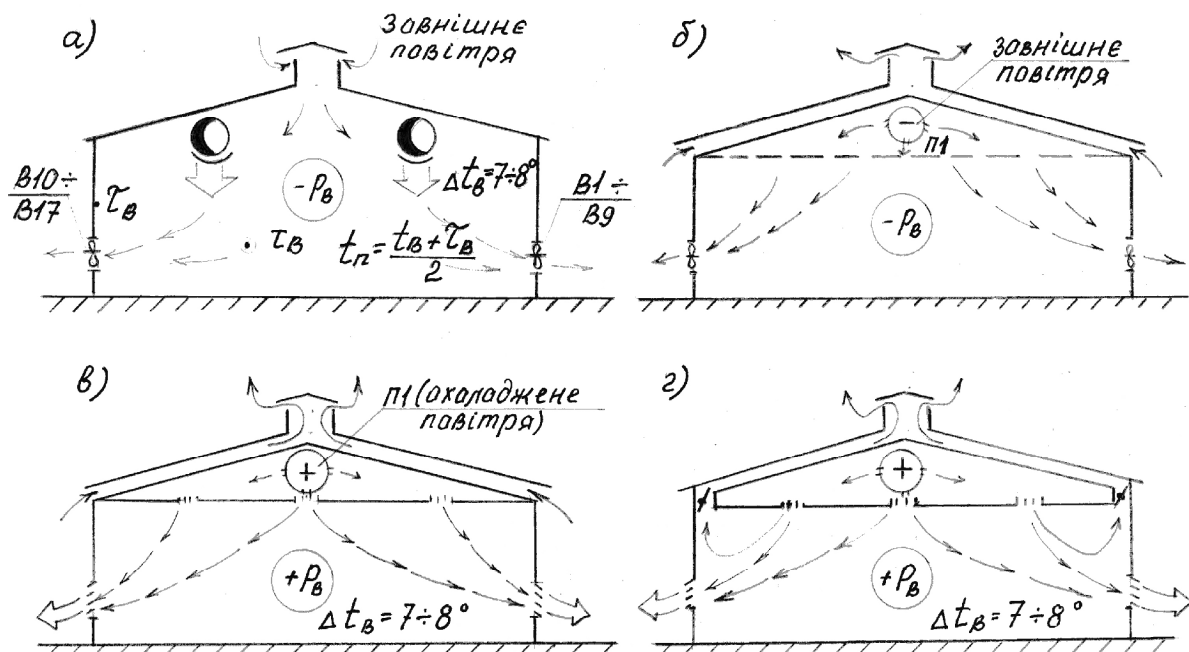


Рис. 1. Модельні схеми організації повітрообміну та теплозахисту покрівлі пташника (пасивної та активної): а – схема існуючої СМ; б – схема з активним теплозахистом покрівлі зовнішнім повітрям та існуючого СМ; в – СМ з централізованою системою подачі охолодженого повітря “з підпором” (+P_в) і витисканням відпрацьованого повітря; г – СМ – аналогічна до попередньої, але з активним теплозахистом покрівлі відпрацьованим внутрішнім повітрям (за рахунок підпору +P_в)

Аналіз роботи таких моделей дав змогу отримати експериментальні та розрахункові дані, наведені в таблиці. Система мікроклімату (а) на рис. 1 – прямоотокова, з загальнообмінною вентиляцією пташника, що забезпечується двома рядами осьових витяжних вентиляторів (В-1 до В-17), які створюють у приміщенні розрідження (-P_в), та за рахунок цього – “підсмоктування” (забір) зовнішнього неопрацьованого повітря через вентилятори, розміщені по повздовжній осі покрівлі. Подача тільки підігрітого повітря здійснюється лише у холодний період року, коли витяжні вентилятори працюють на малій продуктивності з повітрям, а вентилятори на покрівлі є закритими. Ця система фактично не забезпечує нормативні та енергоощадні умови утримання птиці (таблиця).

Схема на рис. 1, б – це система з централізованим блоком охолодження та нагрівання припливного повітря (П-1) та створення розрідження внутрішнього середовища пташника за рахунок роботи витяжних вентсистем В-1...В-17. У такому варіанті передбачена реконструкція покрівлі з активною теплоізоляцією (теплозахистом) її зовнішнім “продувним” повітрям. Аналіз показує, що у цьому варіанті СМ значно енергоощадніша за рахунок цілорічного зменшення повітрообміну (до мінімальних значень, що застосовують тільки у холодний період року згідно з вимогами нормативів утримання птиці). Лише створення розрідження внутрішнього повітряного середовища ($-P_B$) не забезпечує рівномірного поля температурно-вологісного режиму у зоні розташування птиці.

Схема на рис. 1, в – це подібна до попередньої СМ, але подача припливного охолодженого та (або) нагрітого повітря від системи П-1 здійснюється припливним вентагрегатом. Це створює у внутрішньому повітряному просторі пташника надлишковий тиск (“підпір”), $+P_B \geq 5,0$ Па, замінивши при цьому 17 витяжних осьових вентагрегатів регулюючими витяжними решітками.

Аналіз техніко-економічних показників варіантних моделей СМ типового пташника на 30–32 тис. курей-несучок

| № варіанта | Назва системи мікроклімату (СМ) | Витрати тепла на опалення, кВт | Витрата повітря, тис. м ³ /год | | Витрата ел. енергії, кВт літо/зима | t_B , °C літо/зима | $j_{\text{в}}^{cp}$, % літо/зима | Яйцenessність шт./рік (*) | Збереження птиці, % (**) | Орієнт. вартість реконструкції, тис. грн. |
|------------|---|--------------------------------|---|-------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|---|
| | | | літо | зима | | | | | | |
| (а) | Існуюча система мікроклімату | 180 | 153,8 | 28 | $\frac{11,1}{6,6}$ | $\frac{33-38}{11-14}$ | $\frac{45}{30}$ | 200 | 92 | - |
| (б) | СМ з блоком охолодження повітря | 125 | 34 | 28 | $\frac{8,1}{6,0}$ | $\frac{25,1}{16}$ | $\frac{50}{50}$ | 220 | 95 | 100 |
| (в) | Та сама СМ, на підпорі з припливним повітрям | 125 | 34 | 28 | $\frac{8,1}{6,0}$ | $\frac{25,1}{16}$ | $\frac{50}{50}$ | 220 | 95 | 120 |
| (г) | Та сама СМ, з утилізацією теплоти витяжного повітря | 90 | 28 (**) | 21-22 | $\frac{5,4}{3,0}$ | $\frac{23,1}{16}$ | $\frac{55}{50}$ | 230 | 99 | 140 |

(*) – статистичні дані теоретичного аналізу;

(**) – з умов розрахунку мінімально допустимого повітрообміну відповідно до нормативної бази (0,7м³/(год·кг живої ваги)).

Схема на рис. 1, г подібна до попередньої – 1, в, але в ній використовується близько 30–40 % викидного повітря на утилізацію теплоти через вентилязоване покриття та нормативно-допустиму рециркуляцію (до 25 % повітрообміну), особливо у холодний період року. Активна теплоізоляція покриття здійснюється витяжним (відпрацьованим) повітрям, в результаті чого технічно забезпечується утилізація тепла (холоду у теплий період року), що загалом покращує техніко-економічні показники СМ, особливо за рахунок енергоощадних заходів. Додатково до розглянутих варіантів (особливо останнього), необхідно утеплити усі інші будівельні захищення пташника з врахуванням чинних норм та сучасних методів обстежень і розрахунків [5].

З погляду забезпеченості зоотехнічних умов утримання птиці у таких пташниках визначальними показниками під час зіставлення схем та інтенсивності повітрообміну (особливо за теплим періодом року), є зіставлення у зоні утримання птиці мінімальних температур приміщення (t_n) та рухомості повітря (V_n), а також концентрації аміаку (NH₃) за кожного значення питомого

повітрообміну ($L_o, \text{м}^3/\text{год}$ на 1 кг живої ваги). При цьому враховувались різниці температур між припливним ($L_{np}, \text{м}^3/\text{год}$) та витяжним ($L_v, \text{м}^3/\text{год}$) повітрям з метою вибору та обґрунтування мінімально можливих кратностей повітрообміну.

Результати відхилення температур у зоні утримання птиці, фактично по усьому приміщенню, наведені на рис. 2, а, які залежно від інтенсивності повітрообміну отримані з такої залежності:

$$s_t = \sqrt{\frac{1}{n}(t_n - t_{\text{сер.в.}})^2}, \quad (1)$$

де n – кількість заміряних точок у зоні утримання птиці (144); t_n – температура приміщення у цій точці, °C; $t_{\text{сер.в.}}$ – середня температура у зоні утримання птиці, °C.

Використовуючи останню схему повітрообміну, вже за величини загального повітрообміну (на 1 кг живої ваги) $L_o = 1,0 \div 1,5 \text{ м}^3/\text{год}$ рухомість повітря у зоні утримання птиці досягала нормативних значень ($w_n = 0,1 \div 0,15 \text{ м/с}$), а в лабіринтах та проходах приміщення – в середньому $w_{\text{лаб.}} = 0,2 \div 0,25 \text{ м/с}$. Питомий повітрообмін у зоні утримання птиці при цьому коливався у межах $L_o^i = 0,8 \div 1,38 \text{ м/с}$ (рис. 2, б).

З рис. 2, а бачимо, що допустиме відхилення температур у зоні утримання птиці спостерігалось при 4-й схемі повітрообміну за розрахункового співвідношення площі припливно-витяжних шахт (отворів). Навіть за максимально рекомендованого повітрообміну близько $L_o^n = 4,0 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{кг})$, відхилення температури по усьому приміщенню (у зоні утримання)

становило не більше 3 °C (за $\frac{f_{np}}{F_{\text{лаб}}} = 0,435$).

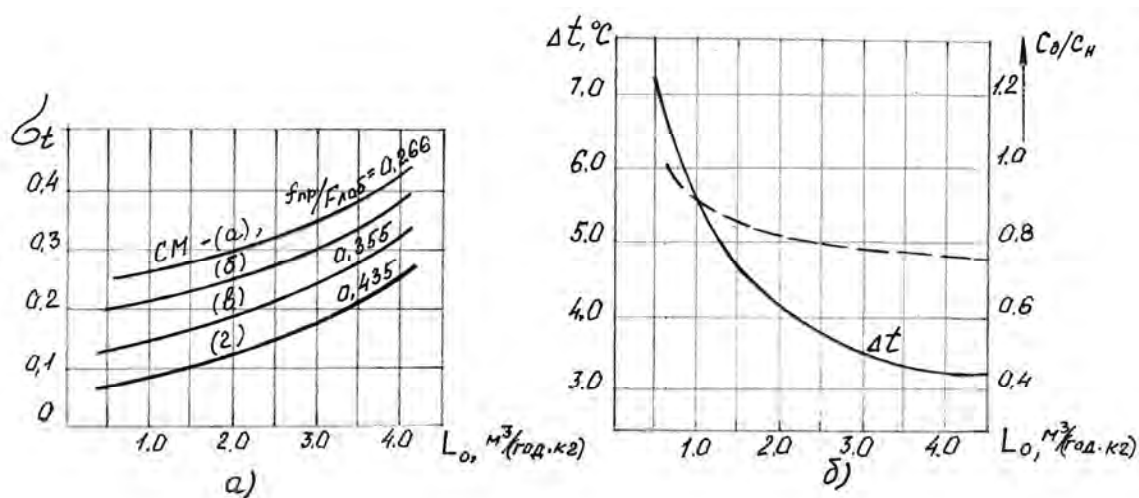


Рис. 2. Середньоквадратичне відхилення температур (а), асиміляційний перепад температур та відносна концентрація аміаку (б) залежно від питомої інтенсивності повітрообміну

Рухомість повітря у зоні утримання птиці фактично не залежить від збільшення питомого повітрообміну до величин близько $L_o^n = 2,0 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{кг})$, але це значення інтенсивності повітрообміну є не виправданим з погляду потужності СМ, а відтак і енергоощадності пташника (птахівничого підприємства). Хоча загальний асиміляційний перепад приміщення (Δt_n , °C) падає, а температура в зоні утримання (t_n , °C) фактично залишається на тому самому рівні.

Відповідно до рис. 2, б також бачимо недоцільність значних повітрообмінів для підтримання нормативного газового режиму в зоні утримання птиці. За відносним показником концентрації аміаку (c_d – дійсної та c_n – нормативної) бачимо, що навіть за загального питомого повітрообміну $L_o = 1,3 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{кг})$ концентрація аміаку у зоні утримання птиці знаходиться у межах норми.

На рис. 2, б бачимо, що збільшення повітрообміну у два рази (від 2,0 до 4,0 м³/(год·кг)) сприяє зниженню асиміляційного перепаду температур (між t_{вих} та t_{пр}) Δt_в усього на 1,1 °С. Це можна пояснити зміною «коефіцієнта затікання» припливного повітря у зону утримання птиці (a_{зат.} = L_в/L_о), який за L_о = 1,5 ÷ 3,0 м³/(год·кг) коливається у межах 0,65 ÷ 0,45 [4]. При цьому температура суміші вихідного потоку повітря з зони утримання визначиться із співвідношення [4]:

$$t_{вих(o)} = \frac{t_{лаб(o)} \cdot L_{лаб} + t_{в(o)} \cdot L_{в}}{L_{лаб} + L_{в}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

де t_{лаб(o)} – температура повітря у лабіринтах (проходах) пташника, °С; L_{лаб} – об’ємна витрата потоку повітря з лабіринту до зони утримання птиці, м³/год; t_{в(o)} та L_в – відповідно температура та кількість повітря у зоні утримання птиці, де t_{в(o)} = (t_в + τ_в)/2,05 [3].}

У результаті досліджень теплоповітряного режиму у зоні утримання виявилось, що температурні умови всередині кліткових батарей (тари для птиці) визначаються променево-конвективним теплообміном між поверхнями теплообміну птиці (t_{пт} = (1-k_з)·t_к [5]) та вільної внутрішньої поверхні тари, що підтверджує співвідношення для t_{в(o)}}.

З метою підвищення забезпеченості внутрішнього мікроклімату таких виробничих приміщень (h_{заб}) у межах 0,9 ÷ 0,95 [5] та зменшення до мінімально-допустимого повітрообміну у цьому випадку доцільно використовувати централізовану систему часткового кондиціонування припливного повітря. Для більшості регіонів України, за результатами наших досліджень [2, 4], найсприятливішими є системи прямого та непрямого випарного охолодження припливного повітря у секціях пластинчастих гігроскопічних теплообмінників. У поєднанні їх з секціями першого підігрівання (охолодження) з застосуванням традиційних калориферних секцій такі системи (припливні камери) дають змогу енергоощадно та ефективно забезпечувати нормативні та оптимальні параметри мікроклімату пташників розглянутого типу за цілорічного режиму їх експлуатації.

Висновки. У результаті теоретичного аналізу та опрацювання експериментальних досліджень отримані результати для практичного проектування та реконструкції виробничих будівель птахівничих підприємств. Зроблено спробу реалізувати інноваційні СМ для типових діючих пташників з будівельним модулем на 30–32 тис. курей-несучок, яких утримують у триярусних кліткових батареях з відповідною щільністю посадки птиці. Дослідження спрямовуватимуться на розробку та впровадження енергоощадних СМ для різних типів виробничих приміщень.

1. Гавриляк А.С., Макаревич Т.Т., Петрушка Т.О. Ефективність інноваційних процесів на птахівничих підприємствах України // Вісник Львів. держ. аграрного університету “Економіка АПК”. – 2008. – №15. – С. 342–344. 2. Латик В.С., Макаревич Т.Т. Аналіз тепло- і масообміну у пластинчастих гігроскопічних теплообмінниках // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – №600: “Теорія і практика будівництва”. – 2007. – С. 213–216. 3. Макаревич Т.Т., Гавриляк А.С., Ефективність реконструкції систем мікроклімату пташників під час їх експлуатації // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – №520: “Теорія і практика будівництва”. – 2004. – С. 204–209. 4. Макаревич Т.Т., Гавриляк А.С., Петрушка Т.О. Економія енергоресурсів в системах вентиляції та кондиціонування повітря // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – №627: “Теорія і практика будівництва”. – 2008. – С. 142–145. 5. Ярослав В.Ю., Макаревич Т.Т., Лабай В.Й. Доцільність застосування теплоутилізаторів витяжного повітря у птахівничих будинках // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – №256: “Теплоенергетичні системи та пристрої”. – 1991. – С. 71–73.