

**Алієв Е. Б.**

д.т.н., старший дослідник, доцент

*Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет***Яропуд В. М.**

к.т.н., доцент

*Вінницький національний
аграрний університет***Білоус І. М.**

магістрант

*Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет***Aliiev E.***Dnipro State Agrarian and
Economic University***Yaropud V.***Vinnitsia National Agrarian
University***Bilous I.***Dnipro State Agrarian and
Economic University***УДК 697.921.4****DOI: 10.37128/2306-8744-2020-2-14**

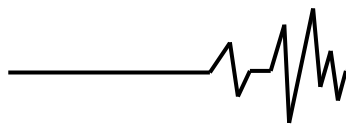
ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В СВИНАРСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Одним з чинників, що впливає на ефективність тваринництва є умови утримання тварин, у яких забезпечення оптимального мікроклімату має важливе значення. Традиційне забезпечення оптимального мікроклімату для тварин з метою отримання від них високої продуктивності пов'язано з великими витратами теплової та електричної енергії, на що витрачається до 15 % коштів виробників. Тому питання вдосконалення енергозберігаючих систем забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях завжди є актуальними і потребують наукового обґрунтування. Мета досліджень є підвищення ефективності забезпечення мікроклімату в свинарниках шляхом обґрунтування складу енергозберігаючої системи для його здійснення. В результаті огляду досліджень впливу параметрів мікроклімату на фізіологічний стан свиней встановлено, що на їх продуктивність найбільший вплив чинить температура і вологість повітря в приміщенні для їх утримання. Враховуючи технологічні умови повітря в тваринницьких приміщеннях (значна запиленість – до 3,5 мг/м³, вологість – 40-70 %, наявність високої концентрації агресивних компонентів – аміаку 20-30 мг/м³, сірководню – 10-15 мг/м³, вуглекислого газу – 0,2-0,35 %) і результати аналізу конструкцій теплоутилізаторів, систем нагріву і охолодження було виявлено, що за санітарно-гігієнічними та експлуатаційними показниками, високої енергетичної ефективності і низької вартості конструкції найбільш придатними для системи вентиляції є трубні теплоутилізатори із додатковим нагрівом і адіабатичним охолодженням. Для забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях розроблено конструктивно-технологічну схему енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарниках для різних статевовікових груп тварин.

Ключові слова: свинарські приміщення, мікроклімат, енергозберігаючі системи, теплоутилізатори, адіабатичне охолодження, температура, вологість.

Постановка проблеми. Одним з чинників, що впливає на ефективність тваринництва є умови утримання тварин, у яких забезпечення оптимального мікроклімату має важливе значення. Так, згідно досліджень [1], продуктивність тварин на 10-30 % визначається мікрокліматом приміщень. Усі відхилення від

нормативних умов повітряного середовища негативно впливають на розвиток тварини та її продуктивність [2]. У свою чергу відомо, що традиційне забезпечення оптимального мікроклімату для тварин з метою отримання від них високої продуктивності пов'язано з великими витратами теплової та електричної енергії, на що



витрачається до 15 % коштів виробників [3].

Тому питання вдосконалення енергозберігаючих систем забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях завжди є актуальними і потребують наукового обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Мікроклімат тваринницького приміщення – це стан навколишнього середовища, що формується в результаті життєдіяльності тварин в умовах певної технології. До основних показників мікроклімату відносять: температуру T ; відносну вологість повітря W ; хімічний склад повітря (вміст вуглекислого газу CO_2 , аміаку NH_3 , сірководню H_2S); наявність у повітрі пилу (механічне

забруднення) та мікроорганізмів (біологічне забруднення); швидкість v , та напрямок руху повітря; освітлення. Повітряний режим порушується при диханні тварин (виділення тепла, вологи, вуглекислого газу тощо), а також у результаті випаровувань від гною. Серед основних факторів забруднення, що найбільше впливають на розвиток тварин, – гази (вуглекислий газ, аміак, сірководень), а також такі фактори, як волога і тепло [4]. Нормовані узагальнені значення основних показників мікроклімату в свинарських приміщеннях за вимогами відомчих норм технологічного проектування (ВНТП) [5] наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Нормовані значення показників мікроклімату в свинарських приміщеннях для різних статевовікових груп

Параметр	Статевовікова група						
	Ново-народжені поросята	Поросята до 7 кг	Поросята до 25 кг	На доро-щуванні 25-35 кг	Відгодівля 45-100 кг (без підстилки)	Матки супоросні	Матки підсисні
Температура повітря, С	30-33	24-26	18-22	15-20	14-20	13-19	18-22
Відносна вологість, %	55-60	40-70	40-70	40-70	40-70	40-70	40-70
Гранична допустима швидкість повітря, м/с	0,15-0,4	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6	0,3-1	0,3-1	0,15-0,4
Допустимі концентрації газів та пилу в повітрі							
CO_2 , %	0,2-0,35						
NH_3 , мг/м ³	20-30						
H_2S , мг/м ³	10-15						
Пил, мг/м ³	3,5						

Дослідженнями [5, 6, 7] встановлено, що зниження температури навколишнього середовища нижче оптимуму, підвищує потребу свиней в обмінній енергії в середньому поросят від 20 до 45 кг живої маси – на 17 кДж/(кг·°С), свиней на відгодівлі від 45 до 85 кг – на 15 кДж/(кг·°С), від 85 до 120 кг – на 13 кДж/(кг·°С), кнурів і свиноматок – на кДж/(кг·°С). При утриманні з температурою і приміщенні нижче оптимальної у свиней на відгодівлі знижуються середньодобові прирости в середньому на 22 г на кожен градус температури, яка нижче оптимальної. Іншими словами при зниженні температури на 3 градуси нижче норми перевитрата корму становить близько 9 %.

Дослідження [4, 5, 8, 9] впливу високої температури показали, що температура вище 25 °С викликає дискомфорт, зниження споживання корму (160 г/(добу·°С) при температурі 25-30 °С; та 460 г/(добу·°С) при температурі 30-35 °С), зниження репродуктивних якостей, збільшення інтервалу між відбиранням і плідним осіменінням (сервіс-період), зниження фізіологічної адаптації

(підвищення температури тіла і погіршення охолодження за рахунок дихальних шляхів).

Свині дуже чутливі до вологості повітря. Зміна відносної вологості з 70 до 95 % веде до підвищення відходу свиней від 0,05 до 17,5 %. Висока відносна вологість в приміщеннях знижує перетравність поживних речовин. Середньодобовий приріст підсвинків при відносній вологості 85 % становить 653 г, а при 91,8 % – тільки 553 г [4, 5, 8, 9]. В свою чергу сухе повітря (відносна вологість нижче 50 %) також робить негативний вплив на організм тварини, викликаючи подразнення слизових оболонок очей, дихальних шляхів, посилену спрагу, і, як наслідок, погіршення апетиту і засвоєння поживних речовин.

Проведений аналіз наслідків незабезпечення необхідного мікроклімату в свинарських приміщеннях дає змогу узагальнити умови застосування та технологічні вимоги до технологічних операцій процесу створення мікроклімату [10].



Таблиця 2.

Умови застосування та технологічні вимоги до технологічних операцій процесу створення мікроклімату в свинарських приміщеннях

Операція	Умови застосування	Технологічні вимоги
Обмін повітря	У приміщеннях для утримання різних статевовікових груп свиней протягом повного технологічного циклу	Забезпечення активного вентиляювання в зонах розміщення тварин зі швидкістю руху повітря від 0,15 до 1 м/с
Нагрівання повітря	У холодний період року для різних статевовікових груп свиней	Підтримка нормованого температурного режиму в зоні розміщення тварин в залежності від віку: для дорослого поголів'я свиней до 10 °С; для молодняка свиней до 20 °С
Охолодження повітря	У приміщеннях для утримання молодняка свиней	Підтримка нормованого температурного режиму в жаркий період року в зоні розміщення поросят і ремонтного молодняка 22 °С
УФ-опромінення	У приміщеннях для утримання різних статевовікових груп свиней протягом повного циклу	Компенсація УФ-недостатності, що забезпечує біологічну активність тварин
ІЧ-обігрів	У приміщеннях для утримання молодняка	Підтримка нормованого температурного режиму в зоні розміщення молодняка: для поросят до 30 діб – 23 °С; для поросят до 60 діб – 21 °С

Мета досліджень. Підвищення ефективності забезпечення мікроклімату в свинарниках шляхом обґрунтування складу енергозберігаючої системи для його здійснення.

Результати досліджень. Територія України перебуває в помірному кліматичному поясі в області помірно континентального клімату

[11], який характеризується жарким літом і холодною зимою. Аналіз зміни температури повітря і вологості в навколишньому середовищі на прикладі Дніпропетровської обл. (рис. 1) дає змогу визначити тривалість літнього і зимнього періодів.

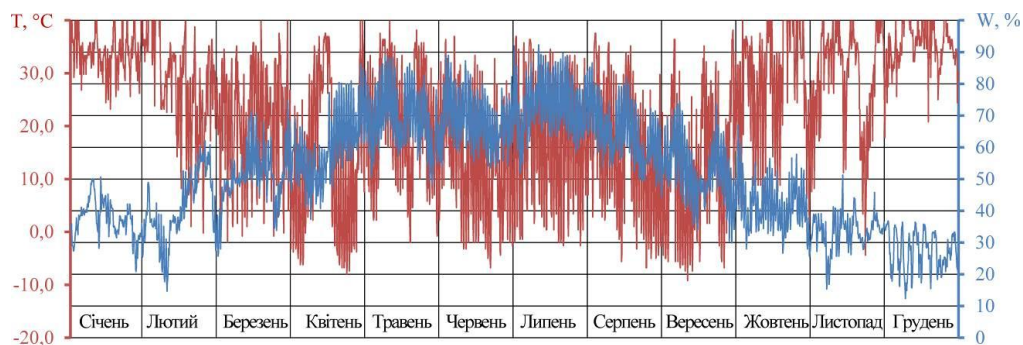
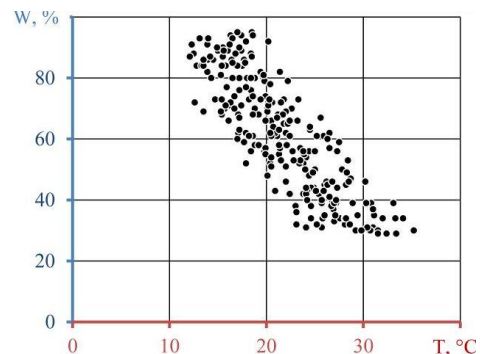


Рис. 1. Динаміка температури повітря і вологості навколишнього середовища Дніпропетровської області (2019 р.)

З рисунку 1 видно, що температура і вологість досить суттєво коливаються протягом доби. При цьому між температурою і вологістю є певна залежність, яку можна представити у вигляді графіків на рис. 2. Однак чітко вона проявляється лише в літній період (з червня по серпень), в зимовий період спостерігає високе значення вологості 80-100 %.



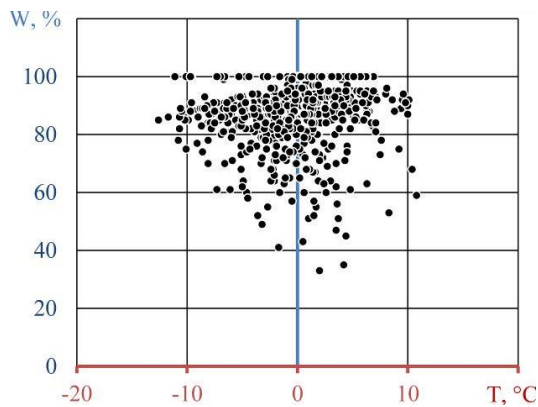


Рис. 2. Залежності між температурою повітря і вологістю навколишнього середовища в літній (а) і зимовий (б) періоди Дніпропетровської області (2019 р.)

Враховуючи необхідність постійного повітрообміну між свинарським приміщенням і навколишнім середовищем, вимогами до показників мікроклімату для різних статевовікових груп очевидно виникає необхідність в зимовий період підвищувати температури навколишнього середовища, яка потрапляє до приміщення, а в літній навпаки охолоджувати. Окрім цього в зв'язку із високим значенням вологості повітря (80-100 %) в навколишньому середовищі в зимовий період необхідно його осушати під час руху його до приміщення. А в літній період при

високих температурах повітря (> 30 °С) навпаки зволожувати припливне повітря.

З точки зору енергозбереження, повітрообмін між навколишнім середовищем і свинарським приміщенням доцільно забезпечити рекуперативними повітряними теплоутилізаторами, використання яких дозволяє економити енергію, що необхідна для нагрівання і охолодження повітря в приміщеннях.

В узагальненому вигляді конструкція рекуперативного повітряного теплоутилізатора зводиться до наступної. Теплоутилізатор (рис. 3) містить припливний і витяжний вентилятори, припливний і витяжний повітроводи, теплообмінник. В результаті попередніх досліджень на базі розробленої математичної моделі процесу теплопередачі у трьохтрубному концентричному теплоутилізаторі із врахуванням явища конденсації на прикладі розробленого трьохтрубного теплоутилізатора [12-14] встановлені залежності зміни температури припливного і витяжного повітря в процесі їх руху (рис. 4).

Однак згідно рис. 1 температура навколишнього середовища в зимовий період може бути значно нижче 0 °С, що приведе до неефективності теплоутилізатора. Даний недолік можна усунути шляхом встановлення додаткового нагрівача повітря, який буде до нагрівати припливне повітря до технологічно необхідної температури. Утворюваний конденсат при цьому буде виводитися.

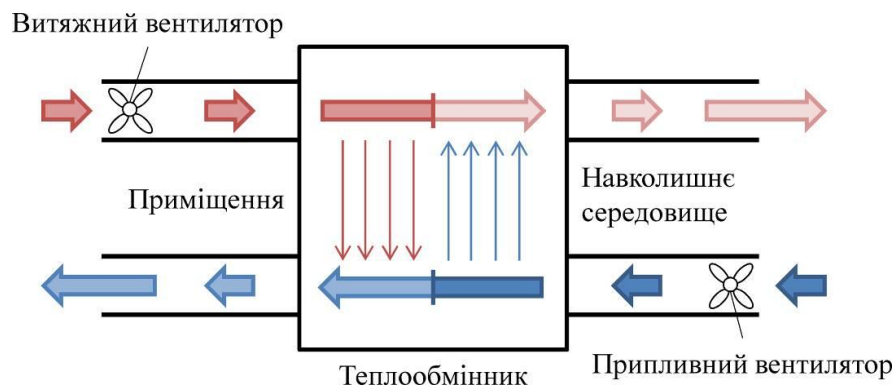
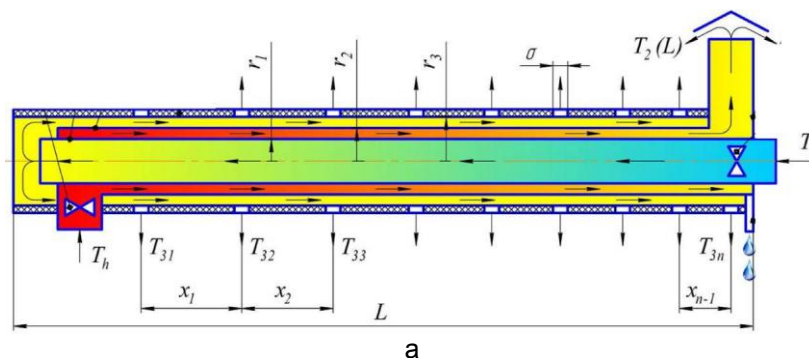


Рис. 3. Узагальнена конструкція рекуперативного повітряного теплоутилізатора



а

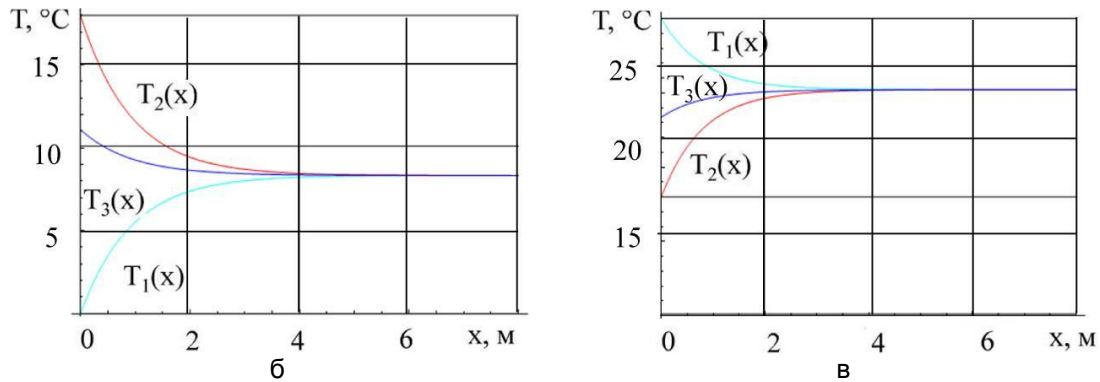


Рис. 4. Залежності зміни температури припливного і витяжного повітря в процесі їх руху у трьохтрубному концентричному теплоутилізаторі (а) в зимовий (б) і літній періоди (в)

Так само у літній період, коли температура перевищує 30 °С, також призводить до неефективності теплоутилізатора. Даний недолік можна усунути шляхом встановлення додаткового охолоджувача припливного повітря.

Ефективним способом зниження температури повітря у свинарських приміщеннях є адіабатичне охолодження – зволоження потоків повітря розпиленою під високим тиском водою. Ефект охолодження досягається за рахунок зволоження потоків повітря. Для цього повітряний потік має бути змішаний з водою шляхом її розпилення. Чим менші краплини, тим швидше вони випаровуються і тим самим забирають енергію з навколишнього повітря. Це веде до

зниження температури. Мета адіабатичного охолодження – полегшити тварині віддачу тепла у навколишнє середовище. При цьому важливо забезпечити подачу мінімально потрібного об'єму свіжого повітря – для усунення вологого і обтяженого шкідливими газами повітря в приміщенні. Однак необмежене насичення повітря вологою небажане тому, що у тварин може бути порушений механізм терморегуляції. Ідеальною для утримання свиней є відносна вологість повітря від 60 до 80 %.

На сьогодні існує багато конструкцій установок для адіабатичне охолодження (табл. 3), однак технологічна схема у них є однаковою [15].

Таблиця 3.

Огляд конструкцій установок для адіабатичне охолодження [15]

Тип	DFCV-AD	SP	TVFC	DCV-AD
Принцип роботи				
Потужність	220-1620 кВт	340-1560 кВт	250-2000 кВт	340-1030 кВт
Повітряний потік, м ³ /с	24	14	24	23

Шляхом моделюючих розрахунків було доведено, що використання адіабатичного охолодження в багатьох випадках дозволяє скоротити обсяг вентиляованого повітря.

Центральним елементом системи зволоження є високонапірний насосний модуль, що забезпечує розпилення води під тиском у 70 бар (близько 70 атм). Насос може бути різних розмірів, з



частотним регулюванням або без нього, що дозволяє економити витрати на енергію і оптимально регулювати систему охолодження. Після фільтрації вода розподіляється по трубопроводу з нержавіючої сталі і розпилюється в повітрі. Розпилення можливе в горіщому просторі, в самому відділенні з тваринами або ж в обох ділянках одночасно.

Переваги адіабатичного охолодження повітря у свинарських приміщеннях:

- швидке охолодження повітря свинарських приміщень;
- ефективне зниження пилоутворення;
- підвищення активності тварин завдяки оптимізації умов утримання;
- краща конверсія кормів;
- оптимальна продуктивність тварин;
- скорочення агресивності тварин;

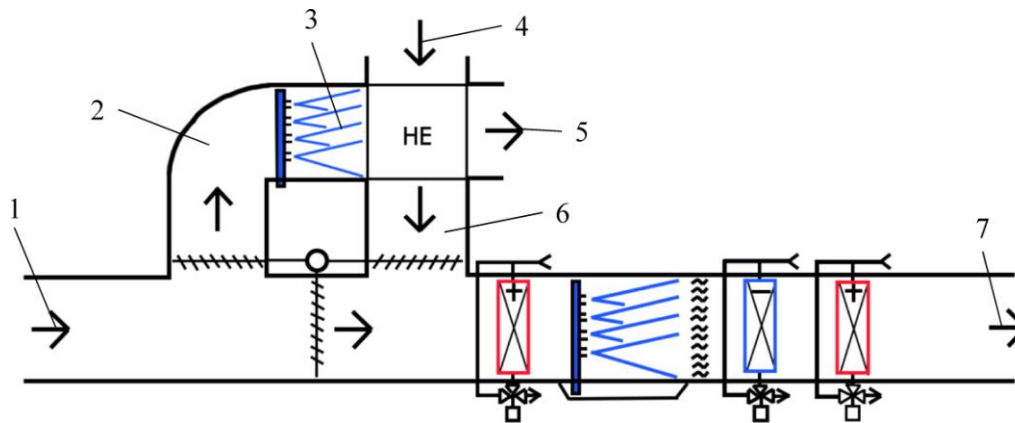
- можливість застосування установки для змочування.

Недоліки адіабатичного охолодження повітря у свинарських приміщеннях:

- великі витрати на ремонт та експлуатацію (електроенергія, вода, заміна фільтрів);
- висока якість води;
- установки для розприскування не повинні монтуватися безпосередньо над місцем відпочинку тварин чи над годівницями.

Дані недоліки можна виправити шляхом застосування рекуперативного теплоутилізатора і багатостадійних фільтрів очищення.

Тому нами запропоновано конструктивно-технологічну схему енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарниках для різних статевовікових груп тварин, яка приведена на рис. 5.



- 1 – рециркуляційне повітря; 2 – відпрацьоване повітря; 3 – охоложене повітря і насичене вологою; 4 – отвір для впуску зовнішнього повітря;
5 – нагріте відпрацьоване повітря; 6 – охолоджений зовнішнє повітря;
7 – свіже повітря

Рис. 5. Конструктивно-технологічна схема енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарниках для різних статевовікових груп тварин

Висновки. В результаті огляду досліджень впливу параметрів мікроклімату на фізіологічний стан свиней встановлено, що на їх продуктивність найбільший вплив чинить температура і вологість повітря в приміщенні для їх утримання.

Враховуючи технологічні умови повітря в тваринницьких приміщеннях (значна запиленість – до 3,5 мг/м³, вологість – 40-70 %, наявність високої концентрації агресивних компонентів – аміаку 20-30 мг/м³, сірководню – 10-15 мг/м³, вуглекислого газу – 0,2-0,35 %) і результати аналізу конструкцій теплоутилізаторів і систем нагріву і охолодження було виявлено, що за санітарно-гігієнічними та експлуатаційними показникам, високої енергетичної ефективності і низької вартості конструкції найбільш придатними для системи вентиляції є трубні теплоутилізатори

із додатковим нагрівом і адіабатичним охолодженням.

Для забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях розроблено конструктивно-технологічну схему енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарниках для різних статевовікових груп тварин.

Список використаних джерел

1. Вивант Е. Влияние температуры на производительность и здоровье свиней. Журнал «Тваринництво сьогодні». 2014. № 1. С. 20-23.
2. Ильин И. В., Курячий М. Г., Игнаткин И. Ю. Влияние параметров микроклимата на производительность свиней. Перспективное свиноводство: теория и практика. 2011. С. 37-38.



3. Яропуд В. М., Алієв Е. Б. Методика інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2015. Вип. 212/2. С. 214-221.

4. Дудін В. Ю., Романюха І. О., Кіряцев Л. О., Гаврильченко О. С., Повод М. Г. Удосконалення процесу проектування свиноферм в сучасних умовах. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2013. № 2. С. 72-75.

5. ВНТП-АПК-02.05. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). К.: Мінагрполітики України, 1995.

6. Бирта Г. А., Рыбалко В. П. Влияние показателей микроклимата на продуктивность свиней при откорме. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2008. № 1. С. 88-104.

7. Долгих Д. Л. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів ґрунтового теплообмінника для вентиляції тваринницьких приміщень: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 Глеваха, 2017. 178 с.

8. Виноградова В. Н., Сорокина Н. Т., Ильиным И. В., Смоленским Е. А. Смоленским Методические рекомендации по проектированию систем отопления и вентиляции для свиноводческих ферм и комплексов. М.: Депнаучтехполитики Минсельхоза России, 2009. 88 с.

9. Алієв Е.Б., Гаврильченко О.С., Ключ А.В. (2019). Обґрунтування складу енергозберігаючих технічних засобів для забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць (21 листопада 2019). Ніжин. С. 8-16.

10. Алієв, Е. Б., Білоус, І. М. (2020). Обґрунтування складу енергозберігаючих технічних засобів для забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях. Матеріали XVI міжнародна научна практична конференція «Найновітні научні постиження – 2020» (15 - 22 март 2020 г.). Volume 3. Софія «Бял ГРАД-БГ ОДД». С. 36-38.

11. Погода в 243 странах мира [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. Электронные данные. ООО «Расписание Погоды», 2004-2020. Режим доступа: gr5.ua (дата запроса 01.08.2020). Название с экрана.

12. Пат. 98515 Україна, МПК (2015.01) F24F 5/00. Тритрубний теплоутилізатор. В.М. Яропуд, В.М. Пришляк, О.С. Ковязін, Е.Б. Алієв; заявник і патентовласник Яропуд В.М. № u201413177; заявл. 08.12.2014; опублік. 27.04.2015, Бюл. №8, 2015 р.

13. Ковязин О. С., Голуб Г. А., Алієв Е. Б. Обґрунтування форми поперечного перетину ґрунтового теплообмінника. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2016. Вип. 254. С. 105–111.

14. Пришляк В. М., Яропуд В. М., Ковязін О. С., Алієв Е. Б. Теоретичні дослідження пневмотрат трьохтрубного концентричного тепло утилізатора. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2014. Вип. 196, ч.3. С. 192-199.

15. Сухое и адиабатическое охлаждение [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. Электронные данные. Baltimore Aircoil International nv, 2020. Режим доступа: <https://www.baltimoreaircoil.eu/ru/изделия/сухое-и-адиабатическое-охлаждение> (дата запроса 01.08.2020). Название с экрана.

References

1. Vivant E. (2014). Vlyyanye temperatury na proizvodytelnost y zdorovye svynei [Influence of temperature on productivity and health of pigs]. *The magazine "Tvarinnystvo sodayni"*. No. 1. pp. 20-23. [in Russian].

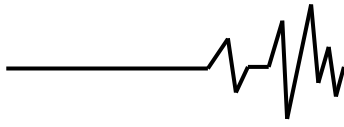
2. Ilyin I.V., Kuryachy M.G., Ignatkin I.Yu. (2011). Vlyyanye parametrov mykroklymata na produktyvnost svynei [Influence of microclimate parameters on the productivity of pigs]. *Promising pig breeding: theory and practice*. pp. 37-38. [in Russian].

3. Yaropud V.M., Aliyev E.B. (2015). Metodyka inzhenernoho rozrakhunku parametrov teploutylizatora dlya tvarynnytskikh prymishchen [Methods of engineering calculation of heat recovery parameters for livestock facilities]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex*. Vol. 212/2. pp. 214-221. [in Ukrainian].

4. Dudin V.Yu., Romanyukha I.O., Kiryatsev L.O., Gavrilchenko O.S., Povod M.G. (2013). Udoskonalennya protsesu proektuvannya svynoferm v suchasnykh umovakh [Improving the process of designing pig farms in modern conditions]. *Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian University*. № 2. pp. 72-75. [in Ukrainian].

5. VNTP-APK-02.05. (1995). Svyinarski pidpryyemstva (kompleksy, fermy, mali fermy) [Pig enterprises (complexes, farms, small farms)]. *Ministry of Agrarian Policy of Ukrain*. [in Ukrainian].

6. Birta G.A., Rybalko V.P. (2008). Vlyyanye pokazateley mykroklymata na produktyvnost svynei pry otkorme [Influence of microclimate indicators on the productivity of pigs during fattening]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. No. 1.



pp. 88-104. [in Russian].

7. Dolgikh D.L. (2017). Obgruntuvannya konstruktsiyno-tehnolohichnykh parametriv gruntovoho teploobminnyka dlya ventilyatsiyi tvarynnyts'kykh prymishchen': [Substantiation of structural and technological parameters of the soil heat exchanger for ventilation of livestock premises]. *dis. ... Cand. tech. Science: 05.05.11 Glevakha*. 178 p. [in Ukrainian].

8. Vinogradova V.N., Sorokina N.T., Ilyin I.V., Smolinsky E.A. (2009). Metodicheskiye rekomendatsyy po proektyrovanyyu system otopenyya y ventilyatsyy dlya svynovodcheskykh ferm y kompleksov [Methodical recommendations on the design of heating and ventilation systems for pig farms and complexes]. *Depnaughtekhpolitiki of the Ministry of Agriculture of Russia*. 88 p. [in Russian].

9. Aliyev E.B., Gavrilchenko O.S., Klyus A.V. (2019). Obgruntuvannya skladu enerhozberihayuchykh tekhnichnykh zasobiv dlya zabezpechennya mikroklimatu v tvarynnyts'kykh prymishchennyakh [Substantiation of the composition of energy-saving technical means to ensure the microclimate in livestock facilities]. *Modern problems and technologies of the agricultural sector of Ukraine: Coll. scientific works (November 21, 2019)*. Nizhyn. pp. 8-16. [in Ukrainian].

10. Aliyev, E.B., Belous, I.M. (2020). Obgruntuvannya skladu enerhozberihayuchykh tekhnichnykh zasobiv dlya zabezpechennya mikroklimatu v tvarynnyts'kykh prymishchennyakh [Substantiation of the composition of energy-saving technical means to ensure the microclimate in livestock facilities]. *Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference "Latest Scientific Achievements - 2020"* (March 15 - 22, 2020). Volume 3. Sofia "White CITY-BG ODD". pp. 36-38. [in Ukrainian].

11. Weather in 243 countries of the world [Electronic resource]: [Website]. Electronic data. Reliable Prognosis LLC, 2004-2020. Access mode: rp5.ua (request date 01.08.2020). Screen title. [in Russian].

12. Pat. 98515Ukraine, IPC (2015.01) F24F 5/00. Trytrubnyy teploutylizator. [Three-pipe heat recovery unit]. V.M. Yaropud, V.M. Pryshlyak, O.S. Kovyazin, E.B. Aliyev; applicant and patent owner Yaropud V.M. № u201413177; declared 08.12.2014; public. 27.04.2015, Bull. №8. [in Ukrainian].

13. Kovyazin O.S., Golub G.A., Aliyev E.B. (2016). Obgruntuvannya formy poperechnoho peretynu gruntovoho teploobminnyka [Substantiation of the cross-sectional shape of the soil heat exchanger]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex*. Vol. 254. pp. 105-111. [in Ukrainian].

14. Pryshlyak V.M., Yaropud V.M., Kovyazin O.S., Aliyev E.B. (2014). Teoretychni doslidzhennya

pnevmostrat tr'okhtrubnoho kontsentrychnoho teplo utylizatora [Theoretical studies of pneumatic losses of three-pipe concentric heat recovery]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex*. Vol. 196, part 3. pp. 192-199. [in Ukrainian].

15. Sukhoe y adyabatycheskoe okhlazhdenye. [Dry and adiabatic cooling] [Electronic resource]: [Website]. Electronic data. *Baltimore Aircoil International nv, 2020*. Access mode: <https://www.baltimoreaircoil.eu/en/products/dry-adiabatic-cooling> (request date 01.08. Screen title. [in Russian].

ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В СВИНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Одним из факторов, влияющим на эффективность животноводства являются условия содержания животных, в которых обеспечение оптимального микроклимата имеет важное значение. Традиционное обеспечения оптимального микроклимата для животных с целью получения от них высокой производительности связано с большими затратами тепловой и электрической энергии, на что тратится до 15% средств производителей. Поэтому вопросы совершенствования энергосберегающих систем обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях всегда актуальны и требуют научного обоснования. Цель исследований является повышение эффективности обеспечения микроклимата в свинарниках путем обоснования состава энергосберегающей системы для его осуществления. В результате обзора исследований влияния параметров микроклимата на физиологическое состояние свиней установлено, что на их производительность наибольшее влияние оказывает температура и влажность воздуха в помещении для их содержания. Учитывая технологические условия воздуха в животноводческих помещениях (значительная запыленность - до 3,5 мг/м³, влажность - 40-70%, наличие высокой концентрации агрессивных компонентов - аммиака 20-30 мг/м³, сероводорода - 10-15 мг/м³, углекислого газа - 0,2-0,35%) и результаты анализа конструкций теплоутилизаторов, систем нагрева и охлаждения было обнаружено, что по санитарно-гигиеническим и эксплуатационным показателям, высокой энергетической эффективности и низкой стоимости конструкции наиболее подходящими для системы вентиляции являются трубные теплоутилизаторы с дополнительным нагревом и адиабатическим охлаждением. Для обеспечения



микроклимата в животноводческих помещениях разработаны конструктивно-технологическую схему энергосберегающей системы обеспечения микроклимата в свинарниках для различных половозрастных групп животных.

Ключевые слова: свиноводческие помещения, микроклимат, энергосберегающие системы, теплоутилизаторы, адиабатическое охлаждение, температура, влажность.

JUSTIFICATION OF THE COMPOSITION OF THE ENERGY SAVING SYSTEM OF MICROCLIMATE SUPPORT IN PIG FARMS

One of the factors influencing the efficiency of animal husbandry is the conditions of keeping animals, in which ensuring an optimal microclimate is important. The traditional provision of an optimal microclimate for animals in order to obtain high productivity from them is associated with high costs of heat and electricity, which costs up to 15% of the producers. Therefore, the issues of improving energy-saving systems to ensure the microclimate in livestock facilities are always relevant and require scientific justification. The purpose of the research is to increase the efficiency of providing the microclimate in piggeries by substantiating the

composition of the energy saving system for its implementation. As a result of a review of studies of the influence of microclimate parameters on the physiological state of pigs, it was found that their productivity is most affected by temperature and humidity in the room for their maintenance. Given the technological conditions of air in livestock premises (significant dust - up to $3,5 \text{ mg/m}^3$, humidity - 40-70%, the presence of a high concentration of aggressive components - ammonia $20\text{-}30 \text{ mg/m}^3$, hydrogen sulfide - $10\text{-}15 \text{ mg/m}^3$, carbon dioxide gas - $0,2\text{-}0,35\%$) and the results of the analysis of heat recovery structures, heating and cooling systems, it was found that the sanitary and hygienic and operational indicators, high energy efficiency and low cost of construction are the most suitable for ventilation systems with tube heat exchangers with additional heating and adiabatic cooling. To ensure the microclimate in livestock facilities, a constructive-technological scheme of energy-saving system for providing microclimate in piggeries for different sex and age groups of animals has been developed.

Key words: pig premises, microclimate, energy saving systems, heat utilizers, adiabatic cooling, temperature, humidity.

Відомості про авторів

Алієв Ельчин Бахтияр огли – кандидат технічних наук, старший дослідник, доцент кафедри механізації виробничих процесів у тваринництві Дніпровського державного аграрно-економічного університету (вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000, e-mail: aliev@meta.ua).

Яропуд Віталій Миколайович - кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: yaropud77@gmail.com).

Білоус Ілля Михайлович - магістрант кафедри механізації виробничих процесів у тваринництві Дніпровського державного аграрно-економічного університету (вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000).

Алиев Эльчин Бахтияр оглы – кандидат технических наук, старший исследователь, доцент кафедры механизации производственных процессов в животноводстве Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета (ул. Сергея Ефремова, 25, г. Днепр, Украина, 49000, e-mail: aliev@meta.ua).

Яропуд Виталий Николаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования сельскохозяйственного производства Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: yaropud77@gmail.com).

Билоус Илья Михайлович - магистрант кафедры механизации производственных процессов в животноводстве Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета (ул. Сергея Ефремова, 25, г. Днепр, Украина, 49000).

Aliyev Yelchin – Candidate of Technical Sciences, senior researcher, associate professor of the departments of mechanization of production processes in animal husbandry of Dnipro State Agrarian and Economic University (St. S.Efremova, 25, Dnipro, Ukraine, 49000, e-mail: aliev@meta.ua).

Yaropud Vitaliy - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of machinery and equipment for agricultural production of Vinnytsia National Agrarian University (St. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: yaropud77@gmail.com).

Bilous Ilya - undergraduate of the departments of mechanization of production processes in animal husbandry of the Dnipro State Agrarian and Economic University (25 Sergiy Efremov St., Dnipro, Ukraine, 49000).