УДК 631.3:628.8

Лавріщев О.О.
Національний науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ У ТВАРИННИЦТВІ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ВОЛОГОГО ЕЛЕКТРОФІЛЬТРУ

У статті проведено аналіз енерговитрат у тваринницьких приміщеннях і запропоновано шлях щодо зменшення витрат електричної енергії за рахунок упровадження вологого електрофільтру в електротехнічний комплекс очищення рециркуляційного повітря.

Ключові слова: *очищення повітря, рециркуляція, аміак, вологий електрофільтр.*

Постановка проблеми. Тваринницький і птахівницький сектори сільського господарства України є надзвичайно енерговитратними. Першочерговим завданням у сучасних реаліях економіки країни є пошуки шляхів зменшення енергетичних витрат у галузі. Другою, але не менш значущою проблемою є боротьба з величезною кількістю викидів різноманітних газів, пилу та шкідливих мікроорганізмів з технологічних приміщень для забезпечення нормального екологічного стану прилеглих територій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Станом на поточний час проблемами підвищення енергоефективності й покращення якості очищення викидів сільськогосподарських підприємств займається низка науковців, серед яких варто відмітити І.І. Івко, І.І. Мартиненко, В.К. Мурзіна, Ю.М. Пчелкіна, С.А. Растімешина, В.Н. Расстригіна, В.А. Самаріна, Д.А. Тихомирова.

Постановка завдання. Мета статті – розгляд енергетичних витрат у сільському господарстві та шляхи їх зменшення; аналіз наявних методів очищення рециркуляційного повітря від парів аміаку та вибір оптимального з них.

Виклад основного матеріалу дослідження. Тваринництво та птахівництво є двома найважливішими галузями в сільському господарстві, так як забезпечують потреби населення в продуктах харчування на 38% від загальної кількості споживаної продукції (рис. 1), а також надають сировину деяким промисловим галузям.

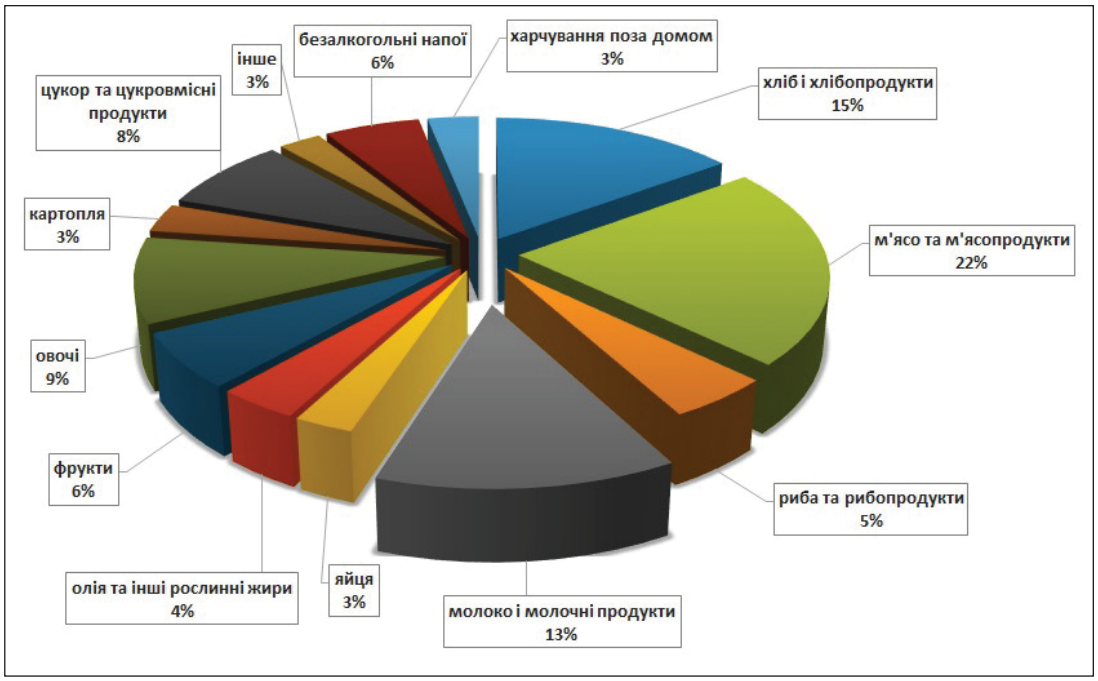

Рис. 1. Структура споживчих витрат на харчування в розрізі основних груп продовольства у 2016 році

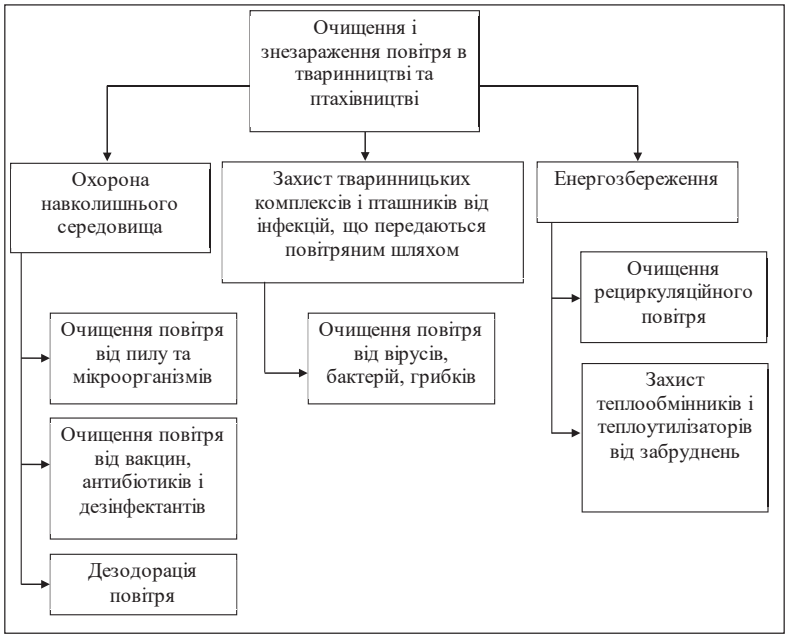

Рис. 2. Очищення і знезараження повітря у тваринництві та птахівництві

Варто пам'ятати, що процеси вирощування тварин і птахів є найбільш енергомісткими в сільському господарстві. Середній показник у сільському господарстві за 2005–2009 роки кінцевого енергоспоживання становить 2,079 млн. тне. [1]. Унаслідок цього постає значуще питання про широке розповсюдження та впровадження енергозберігаючих технологій [2].

У сучасних комплексах з вирощування тварин і птахів висока щільність розміщення істот, що призводить до швидкого накопичення в приміщеннях пилу, шкідливих мікроорганізмів, вуглекислого газу, аміаку, сірководню та надлишкової вологи. Зазвичай концентрація шкідливих речовин перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК) [3; 4].

На сучасному етапі виробництва зменшення рівня шкідливих мікроорганізмів, газів і пилу відбувається за рахунок широкого застосування примусового вентилювання приміщень. Але за рахунок такого вентилювання в навколишнє середовище навколо пташників і тваринницьких будівель викидається велика кількість забруднюючих речовин [5; 6; 7], що значно погіршує екологічний стан. Як приклад, у холодну пору року з тваринника на 2 тисячі голів буде вилучено 8,7 млрд. мікробних тіл, 0,75 кг – пилу, 4,8 кг – аміаку, 2058 кг – вологи [8]. Оглядаючи картину загалом, можемо констатувати, що забруднення, які викидаються з тваринницьких і птахівницьких комплексів, можуть створювати загрозу виникнення й розповсюдження патогенної мікрофлори та специфічних запахів. Запахи в літній період розповсюджуються на 0,5 км, а влітку – до 5 км [9].

Також із викидним повітрям у навколишнє середовище викидається надзвичайно велика кількість теплової енергії. Для видалення шкідливих домішок у повітрі, на вентилювання витрачається близько 2 млрд. кВт-год, на обігрів приміщень ще 1,8 млрд. кВт-год, 0,6 млн. м3 природного газу, 1,3 млн. тонн рідкого та 1,7 млн. тонн твердого палива. Загальні витрати енергії на створення мікроклімату становлять 3 млн. тонн умовного палива в рік, що дорівнює 32% усіх енерговитрат у тваринництві [10]. Для зменшення втрат енергії широко застосовують вентиляційні системи з теплообмінниками (рекуператори), але вони мають низку суттєвих недоліків: невисокий ККД та швидке погіршення експлуатаційних характеристик у процесі роботи.

Тому можна стверджувати, що вирішення проблеми очищення та знезараження викидного повітря (рис. 2) дасть змогу значно збільшити енергоефективність тваринницьких комплексів; захистить їх від проникнення й розповсюдження інфекційних захворювань, що поширюються повітряним шляхом; захистить навколишнє середовище від забруднення від викидів з тваринницьких комплексів.

Найбільш небезпечним шляхом потрапляння інфекційних збудників до приміщень є повітряний, так як більшість збудників мають летючу форму й дуже важко контролювати всі припливні повітряні потоки. Разом із викидним повітрям до зовнішнього середовища з приміщень потрапляють пил, гази та небезпечні мікроорганізми, які розповсюджуються на великі відстані [9].

Одним зі шляхів зменшення витрат енергії для потреб теплозабезпечення тваринницьких приміщень і пташників є утилізація теплоти викидного повітря та його рециркуляція [11]. Використання систем рекуперації повітря (рис. 3) дає змогу зменшити витрати теплоти на підігрів припливного повітря більше ніж на 60%. Але системи теплообміну не вдається використовувати з максимальною ефективністю, так як у повітрі, що видаляється, наявні пил і надлишкова волога. Пил поступово осідає на поверхнях рекуператорів, чим значно зменшує тепловіддачу викидного

повітря, а за рахунок надлишкової вологи в холодну пору року виникає часткове обмерзання поверхонь рекуператорів [11].

Виходячи з наведеного вище, можна сказати, що в умовах сучасного стану тваринництва та птахівництва для якісного використання рекуператорів теплоти потрібно вводити до складу електротехнічного комплексу пристрій для очищення викидного повітря [12; 13]. Рециркуляція повітря всередині тваринницьких приміщень з одночасним його очищенням від пилу, газів, вологи та знезараженням від шкідливих мікроорганізмів є найбільш енергоефективним і перспективним [14].

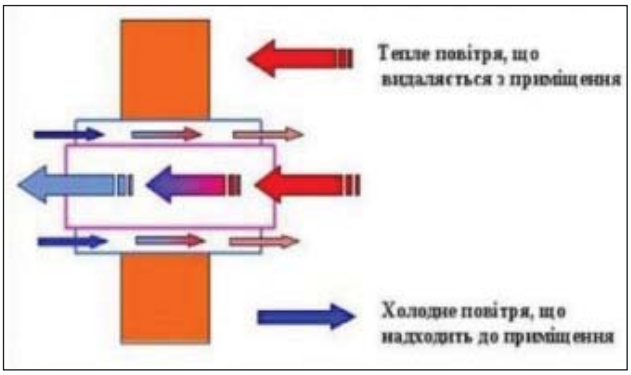

Рис. 3. Принцип дії рекуператора повітря

У сучасних дослідженнях головна увага приділяється очищенню рециркуляційного повітря від сірководню, пилу та мікроорганізмів. Крім вищезазначених, у тваринницьких приміщеннях перше місце за кількістю посідає аміак.

На поточний момент у промисловості виділяють три основні групи методів очищення повітря від газоподібних шкідливих домішок [15]:

1) очищення каталітичними методами;

2) адсорбція твердими поглинаючими речовинами;

3) абсорбція рідинами.

Каталітичні методи очищення газів засновані на реакціях за наявності твердих каталізаторів, тобто на закономірностях гетерогенного каталізу. У результаті реакцій домішки залишаються в складі повітря, але у вигляді нешкідливих з'єднань. Речовини, що утворюються в результаті каталітичного очищення, підлягають додатковому видаленню. Очищенню піддаються гази, що не містять пилу, а тому в тваринницьких і птахівницьких приміщеннях каталітичні методи очищення не придатні.

Адсорбційні методи ґрунтуються на селективному видаленні визначених компонентів з повітря за допомогою адсорбентів (тверді пористі матеріали, що мають розвинену питому поверхню). Адсорбція буває двох видів – фізична й хімічна. При фізичній адсорбції поглинаються молекули газів і парів силами Ван-дер-Ваальса, при хімічній – хімічними силами. Після проведення процесу очищення адсорбер повинен переходити в режим регенерації. Для неперервного процесу очищення адсорбційна установка повинна складатись із декількох реакторів, які будуть працювати по черзі. Адсорбційний метод є раціональним для видалення токсичних сполук у малих концентраціях, а тому, відповідно, не є доцільним для використання в сільськогосподарських підприємствах.

Абсорбція рідинами застосовується у випадку, коли необхідно з повітря вилучати велику кількість різноманітних отруйних та органічних сполук. Абсорбційне очищення є неперервним та універсальним процесом. Установки абсорбції є найбільш економічними й мають можливість вилучення великої кількості домішок з газів.

Найбільш розповсюджені методи очищення повітря від парів аміаку.

Очищення повітря від парів аміаку абсорбцією водою. Інколи водне очищення додатково доповнюють доочищенням розчином сірчаної кислоти з отриманням сульфату амонію, такий процес є незворотнім:

$$2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4.$$

Метод каталітичного окислювання парів аміаку до елементарного азоту й парів води. Повітря підігрівають до температури 100–2500 С та пропускають крізь шар каталізатора – Mn, Cr, Co – і двоокис титану. До недоліків варто зарахувати повторне забруднення повітря закисом азоту при значному надлишку кисню у співвідношенні до аміаку й великі енерговитрати на проведення процесу каталізації.

Очищення повітря за допомогою скруберів. Принцип роботи полягає в такому: повітря, що потрібно очистити, направляють у перший скрубер, а газ для охолодження – в другий скрубер. Крім того, до одного зі скруберів направляють додаткову воду, а в другий – водневий розчин. Повітря й охолоджуючий газ пропускають крізь краплевловлювач. До недоліків варто зарахувати необхідність додаткового очищення водневого розчину на виході із системи скруберів.

Природне очищення повітря за допомогою мікроорганізмів. Тільки біологічне очищення знижує концентрацію аміаку в повітрі та видаляє неприємний запах. Повітря з тваринницького приміщення проходить понад фільтрами, які омиваються водою. На фільтрах утворюється біоплівка за допомогою бактерій і мікроорганізмів. Недолі-

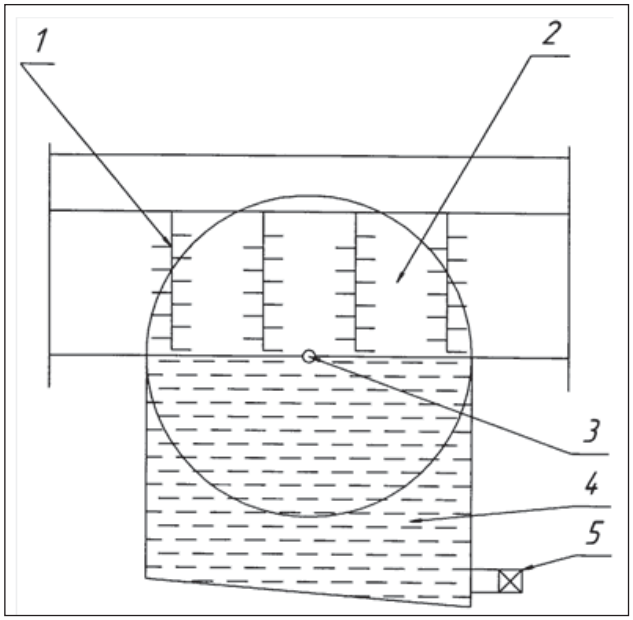

Рис. 4. Вологий електрофільтр, розроблений А.Г. Возміловим

ком є великі габаритні розміри установки та розгалужена системи водопостачання для ефективної роботи біофільтру.

Фотокаталітичне очищення повітря від парів аміаку. Під впливом ультрафіолетового випромінювання аміак окислюється на діоксиді титану з утворенням N_2. Брутто реакції фотокаталітичного окислення аміаку виглядає так (більша частина аміаку окислюється за рівнянням першої хімічної реакції й невелика частка за рівнянням другої хімічної реакції):

$$2NH_3 + 3/2O_2 \rightarrow N_2 + H_2O, \quad (1)$$

$$2NH_3 + 2O_2 \rightarrow N_2O + 3H_2O. \quad (2)$$

Очищення повітря за допомогою розчину лимонної кислоти. Метод полягає в очищенні рециркуляційного повітря водневим розчином 20% лимонної кислоти під тиском у 2 атм протягом 2 хвилин 6–8 разів поспіль з повторенням кожні 15 хвилин.

Очищення повітря за допомогою озону. Під впливом озону аміак окислюється до нітрату амонію (амонійної селітри) NH4NO3. Отже, під час озонування повітря відбувається його очищення від аміаку. Озон в електрофільтрі виробляється в результаті використання коронного розряду. Для тваринницької галузі розроблено вологий електрофільтр під керівництвом доктора технічних наук А.Г. Возмілова [9], який був дещо вдосконалений Л.Н. Андрєєвим. Його конструкція наведена на рис. 4.

Висновки. Отже, на основі викладеного вище можемо підсумувати таке:

1. Проаналізувавши складники енергетичних витрат у сільському господарстві, визначили, що найбільші витрати енергії припадають на нагрів припливного повітря в холодну пору року, тому впровадження електротехнічних комплексів рекуперації повітря є необхідним і доцільним.

2. Відповідно до проведеного аналізу всіх різноманітних методів очищення повітря від аміаку, є можливість стверджувати, що максимально доцільним для використання в тваринництві та птахівництві буде абсорбційний метод із застосуванням хімічного розчину й із додатковим використанням коронних електродів. Застосування цього методу зумовлене належною ефективністю з найменшими енерговитратами та невисокою вартістю.

Список літератури:

1. Про Національний план дій з енергоефективності до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2015 року № 1228-р. URL: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-%D1%80 (дата звернення: 25.07.2018).

2. Брагінець С.М., Брагінець А.М., Голубовська О.В. Напрями енергозбереження в молочному скотарстві. 2 збірник. Том 21. С. 91–97.

3. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Ленинград, 1985. 528 с.

4. Беляев М.П. Справочник предельно допустимых концентраций вредных веществ в пищевых продуктах и среде обитания. Москва, 1993. 141 с.

5. Джигирей В.С., Сторожук В.М., Яцюк Р.А. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи). Львів, 2000. 272 с.

6. Баранников В.Д. Охрана окружающей среды в зоне промышленного животноводства. Москва, 1085. 118 с.

7. Антонов А.П. Анализ режимов работы вентиляционных установок на фермах. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1983. № 10. С. 23–26.

8. Зоогигиенические нормативы для животноводческих объектов: справочник / Г.К. Волков, В.М. Репин, В.И. Большаков и др.; под ред. Г.К. Волкова. Москва, 1986. 303 с.

9. Возмилов А.Г. Электроочистка и электрообеззараживание воздуха в промышленном животноводстве и птицеводстве: дисс. ... докт. техн. наук: спец. 05.20.02. Челябинск, 1993. 337 с.

10. Ковальчук А.Н. Энергосберегающие технологии в животноводстве: метод. реком. Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 1993.

11. Самарин Г.Н. Энергосберегающая система кондиционирования воздуха для ферм. Техника в сельском хозяйстве. 2007. № 4. С. 43.

12. Герасимчук Ю.В., Гірченко М.Т., Довбненко О.Ф. Теплоутилізатор: патент 57583 Україна: МПК F24F3/147. Опубл. 15.12.2006. Бюл. № 12.

13. Герасимчук Ю.В., Довбненко О.Ф. Спосіб утилізації теплоти викидного повітря: патент 56839 Україна: МПК F24F3/147. Опубл. 15.08.2005. Бюл. № 8.

14. Басов А.М., Возмилов А.Г. Фильтрация вентиляционного воздуха в промышленном птицеводстве. Научн. отчет по теме НИС 512. № гос. рег. 79032741. Инв. № 849858. Челябинск, 1980. 51 с.

15. Гигина О.С. Методи і технічні засоби захисту атмосферного повітря від забруднення та очищення газів, що відходять. 2010.

УМЕНЬШЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ЖИВОТНОВОДЧЕСТВЕ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАЖНОГО ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА

В статье проведен анализ энергетических затрат в животноводческих помещениях и предложен путь по уменьшению потерь электрической энергии за счет внедрения влажного электрофильтра в электротехническом комплексе очистки рециркуляционного воздуха.

Ключевые слова: *очистка воздуха, рециркуляция, аммиак, влажный электрофильтр.*

REDUCTION OF ENERGY COSTS IN LIVESTOCK PRODUCTION DUE TO THE USE OF A WET ELECTRIC FILTER

The article analyzes the energy consumption in livestock buildings and proposes way to reduce the cost of electric energy by introducing a wet electric filter into an electrotechnical system for cleaning recirculation air.

Key word: *air purification, recirculation, ammonia, wet electric filter.*