

О.О. Лавріщев

аспірант Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації України», завідувач відділення «Електрифікація та інформаційні системи» Житомирського агротехнічного коледжу

Визначення математичної залежності маси робочої рідини на поверхні осаджуючого електроду вологого електрофільтру від особливостей розподіленої поверхні

Завданням дослідження було встановити математичну залежність між габаритними розмірами чарунки розвиненої поверхні осаджуючого електроду та масою робочої рідини, що затримується на поверхні осаджуючого електроду в процесі його обертання.

Для досліджень використали класичні методи математики та фізики, що дозволили провести необхідні обрахунки площі, об'ємів та маси. В результаті досліджень отримано ряд математичних формул, що відображають залежність маси робочої рідини на поверхні осаджуючого електроду від габаритних розмірів чарунки розподіленої поверхні.

Крім того, отримані результати дають змогу обраховувати масу робочої рідини на поверхні осаджуючих електродів вологого очищувача повітря. Проведена робота має перспективи для проведення досліджень і далі, так як в подальшому слід врахувати фактори, що діють на рідини в кожній чарунці у випадку вертикального розташування осаджуючих електродів. Також перспективним є визначення впливу швидкості обертання осаджуючих електродів на масу робочої рідини, що розташована на їх поверхні.

Ключові слова: *розвинена поверхня, осаджуючий електрод, робоча рідина, вологий очищувач повітря.*

Постановка проблеми

При утриманні тварин та птахів у спеціалізованих приміщеннях сільського господарства особливу увагу приділяють параметрам мікроклімату, так як від його дотримання у визначених межах залежать високі показники продукції. Відповідно, не дотримання встановлених показників призводить до значного зменшення показників надою молока, приросту м'яса, а також збільшення показників захворюваності тварин та птахів. До важливих показників мікроклімату відносять температуру, вологість, швидкість руху повітря, а також кількість шкідливих газів у повітрі, бактеріальної забрудненості та пилу. Так як на підтримання мікроклімату у тваринницьких та птахівницьких приміщеннях припадає біля 30% [1] всіх енергетичних витрат підприємств сільськогосподарського спрямування то активно просуваються технології по використанню рециркуляційного повітря, що очищене, осушене та знезаражене різними методами [2].

Очищення повітря від шкідливих газів може проводитись за трьома методами – каталітичне очищення, адсорбція твердими поглинаючими речовинами, абсорбція рідинами. Найбільш оптимальним, враховуючи енергетичні витрати та конструктивні особливості, є метод абсорбції рідинами [3,4]. Хімічні процеси, що будуть протікати на поверхні осаджуючих електродів між забрудненим повітрям і робочою рідиною, мають пряму залежність від маси робочої рідини на поверхні осаджуючих електродів. Таким чином визначення залежності маси робочої рідини на поверхні осаджуючих електродів від габаритних розмірів чарунок розподіленої поверхні є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Протягом останніх років проводилось достатньо різнопланових досліджень, що стосуються впровадження енергозберігаючих технологій в сільське господарство, особливо в напрямках тваринництва та птахівництва [5,6]. Роботи авторів в основному зосереджені на боротьбу з обмерзанням пластин рекуператорів теплоти викидного повітря, та очищення повітря різноманітними методами від шкідливих газів та пилу.

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми

Нажаль питання взаємозв'язку маси робочої рідини та структури поверхні осаджуючих електродів не висвітлювалось в жодній з робіт, а саме тому даний напрямок досліджень потребує уваги.

Формулювання цілей

Визначення, як зміна габаритних розмірів чарунки розподіленої поверхні осаджуючого електроду вологого очищувача повітря впливає на масу робочої рідини, що утримується на поверхні осаджуючих електродів за рахунок зміни форми поверхні осаджуючих електродів з гладких на розподілену поверхню. Отримання математичної залежності маси робочої рідини на поверхні осаджуючого електроду від габаритних параметрів чарунки розподіленої поверхні.

Виклад основного матеріалу досліджень

В роботі використано метод класичної математики та фізики для традиційних математичних обрахунків площі чарунки розподіленої поверхні, маси та об'єму робочої рідини на поверхні осаджуючих електродів, а також для визначення площі криволінійної поверхні, що утворюється за рахунок поверхневого натягу плівки робочої рідини.

Науковці досліджують два типи форм осаджуючого електроду – «нескінченна» стрічка або диск круглої форми. У обох типів форм нижня половина осаджуючого електроду перебуває у ємності з хімічним розчином для очищення. Так відбувається регенерація хімічного розчину на поверхні осаджуючого електроду. Так як апаратна реалізація «нескінченної» стрічки є досить складною і вологий очищувач повітря побудований на її основі буде надзвичайно габаритний було прийнято рішення взяти за основу осаджуючого електроду форму диска, що обертається (рис.2.1).

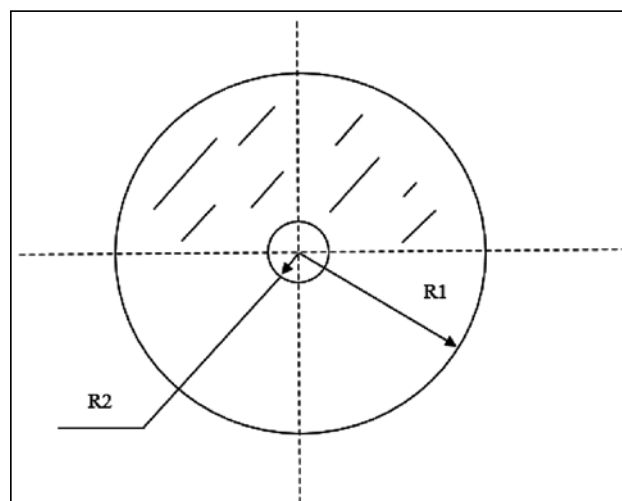


Рис 2.1 Робоча зона на осаджуючому електроді де протікає хімічна реакція очищення повітря

Серед розробок, що запропоновані, жодна не відзначається особливими конструкторськими рішеннями – всі виконані з металевих сплавів та мають гладку поверхню. Так як швидкість протікання хімічної реакції очищення повітря від парів аміаку напряму залежить від кількості хімічного розчину, який приймає участь в реакції, було вирішено змінити гладку форму поверхні осаджуючого електроду на сітчасту та надалі називати її «розподілена поверхня».

Визначимо взаємозв'язок між габаритними розмірами чарунки та масою робочої рідини, що розміщується в ній. Маса робочої рідини обраховується за формулою:

$$m = P * V \quad (2.1)$$

де: V – об'єм рідини (м^3);

m – маса рідини (кг);

p – густина рідини ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Густина робочого розчину визначається з таблиць, а перед визначенням об'єму чарунки слід врахувати, що будь-яка рідина утворює меніск за рахунок поверхневого натягу. Таким чином утворюється складна геометрична фігура (рис.2.2), для проведення обрахунку об'єму якої її слід розділити на дві прості фігури.

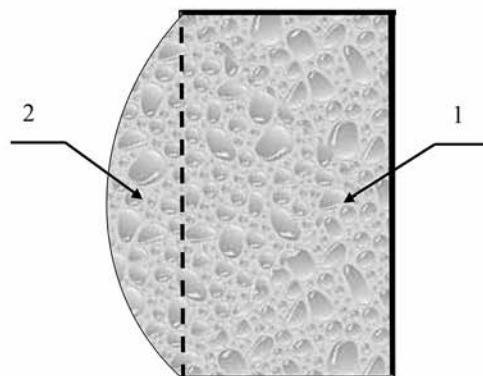


Рис. 2.2 Загальний вигляд чарунки розподіленої поверхні з робочою рідиною, що утворила меніск.

Для обрахунку об'ємів отриманих фігур обрахуємо площі кожної з них окремо. Площа фігури, що означена на рис.2.2 під номером 1 обраховується як добуток довжини чарунки на її ширину. Для нашого випадку коли чарунка має форму квадрату ці величини є тотожні і площа обраховується за формулою:

$$S1 = l * l; \quad (2.2)$$

де l – довжина сторони чарунки.

Для обрахунку об'єму даної фігури помножимо отримане значення площі на висоту стінки чарунки – a .

$$V1 = a * l^2. \quad (2.3)$$

Площу фігури 2 на рис.2.2 будемо обраховувати за формулою обрахунку площі сегменту кола, який відокремлений хордою. Для нашого випадку довжина хорди буде відповідати довжині ребра чарунки – l . Формула в даному випадку буде мати наступний вигляд.

$$S2 = \frac{1}{2} \left(\frac{h}{2} + \frac{l^2}{8l} \right)^2 \left(2 \arcsin \left(\frac{l}{2 \left(\frac{h}{2} + \frac{l^2}{8l} \right)} \right) - \sin \left(2 \arcsin \left(\frac{l}{2 \left(\frac{h}{2} + \frac{l^2}{8l} \right)} \right) \right) \right) \quad (2.4)$$

Висота хорди h буде відповідати висоті вигину меніску. В такому випадку для обрахунку значення h будемо використовувати формулу Бореллі-Жюрена:

$$h = \frac{2 * \sigma * \cos \theta}{\rho * g * r} \quad (2.5)$$

де: h – висота підйому рідини в меніску;

σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини;

θ – кут змочування рідиною стінки чарунки;

ρ – густина рідини;

g – прискорення сили тяжіння;

r – радіус капілярної трубки.

Для чарунки r буде замінено на $l/2$ – так як форма чарунки квадратна. Підставимо значення h в формулу для визначення $S2$:

$$S2 = \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{2 * \sigma * \cos \theta}{\rho * g * l/2}}{2} + \frac{l^2}{8l} \right)^2 \left(2 \arcsin \left(\frac{l}{2 \left(\frac{\frac{2 * \sigma * \cos \theta}{\rho * g * l/2}}{2} + \frac{l^2}{8l} \right)} \right) - \sin \left(2 \arcsin \left(\frac{l}{2 \left(\frac{\frac{2 * \sigma * \cos \theta}{\rho * g * l/2}}{2} + \frac{l^2}{8l} \right)} \right) \right) \right) \quad (2.6)$$

Для обрахунку об'єму фігури 2, за отриманим значенням $S2$ необхідно проінтегрувати отримане значення $S2$ на відрізок від 0 до l за формулою:

$$V2 = \int_0^l S2(L) dl; \quad (2.7)$$

Остаточний вигляд виразу для обчислення маси робочої рідини в одній чарунці на поверхні осаджуючого електроду буде мати наступний вигляд:

$$m = \rho * ((a * l^2) + \int_0^l \left(\frac{1}{2} \left(\frac{2 * \sigma * \cos \theta}{\rho * g * l / 2} + \frac{l^2}{8l} \right)^2 \left(2 \arcsin \left(\frac{l}{2 \left(\frac{2 * \sigma * \cos \theta}{\rho * g * l / 2} + \frac{l^2}{8l} \right)} \right) - \sin \left(2 \arcsin \left(\frac{l}{2 \left(\frac{2 * \sigma * \cos \theta}{\rho * g * l / 2} + \frac{l^2}{8l} \right)} \right) \right) \right) dl; \quad (2.8)$$

Для визначення загальної маси робочої рідини на осаджуючих електродах слід визначити кількість чарунок, що розміщуються на робочій поверхні осаджуючого електроду та помножити на кількість осаджуючих електродів, що використовуються у вологому очищувачі повітря.

Для розрахунку площі кільця, що саме є робочою зоною осаджуючого електроду, скористаємось загальновідомою формулою 2.9.

$$S_K = \pi * (R1 - R2)^2 \quad (2.9)$$

Так як робочі зони розташовані з обох боків осаджуючого електроду але тільки у верхній половині, то значення S_K , отримане за формулою 2.9 буде відповідати площі робочої зони одного осаджуючого електроду. Загальна площа на якій буде протікати хімічна реакція в вологому очищувачі повітря буде визначатись за формулою 2.10.

$$S_{заг} = S_K * n. \quad (2.10)$$

де n – кількість осаджуючих електродів, що використовуються у вологому очищувачі повітря.

З метою визначення загальної маси робочої рідини на поверхні всіх осаджуючих електродів, визначимо загальну кількість чарунок на цих осаджуючих електродах. Задля цього скористаємось формулою 2.11.

$$k_{заг} = S_{заг} / S; \quad (2.11)$$

де $k_{заг}$ – загальна кількість чарунок на всіх осаджуючих електродах вологого очищувача повітря. Помноживши значення маси робочої рідини в одній чарунці (формула 2.8) на кількість чарунок на всіх осаджуючих електродах (формула 2.11) ми отримаємо загальне значення маси робочої рідини, що буде приймати участь в хімічному процесі у вологому очищувачі повітря.

Висновки з дослідження й перспективи

За результатами проведених досліджень отримано математичний вираз, що відображає залежність маси робочої рідини на поверхні осаджуючих електродів у вологому очищувачі повітря. Практичним результатом проведених досліджень є можливість обрахунку маси робочого розчину на поверхні осаджуючих електродів для будь-якої їх кількості за умови використання розподіленої поверхні в їх

будові. Однак кінцевий вираз не передбачає вертикальне розташування поверхонь осаджуючих електродів. Саме тому в перспективі подальших досліджень є удосконалення отриманої формули.

Список використаної літератури

1. Ковальчук А.Н. Энергосберегающие технологии в животноводстве: метод. реком. Краснояр. гос. аграр. университет, 1993.
2. Самарин Г.Н. Энергосберегающая система кондиционирования воздуха для ферм. Техника в сельском хозяйстве. 2007. №4. с.43.
3. Юффе И.И., Письмен Л.М. Инженерная химия гетерогенного катализа. – Л.: Химия, 1972. 917 с.
4. Пастернак Н.В., Ферапонтов Ю.А., Ферапонтова Л.Л., Акулинин Е.И., Дворецкий С.И. Перспективные материалы для циклических адсорбционных процессов разделения и очистки газовых смесей. Перспективные материалы. Выпуск 6. 2019. с. 36 – 44.
5. Адамовски Р., Адамовски Д. Использование вторичной теплоты вентиляционного воздуха для обогрева помещений в животноводстве. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2004. №6. 16-17.
6. Соловьев М.С., Самарин Г.Н. Энергосберегающая рециркуляционная система микроклимата ферм с обеззараживателем воздуха. Вестник ВНИИМЖ. 2011. №1 с.59-62.

The objective of this study is to determine a mathematical dependence of the dimension of a cell of an extensive surface of a precipitation electrode on working fluid mass, which is kept, on the surface of the precipitation electrode during its rotation. For research it is used classical mathematical and physical methods which give opportunity to calculate space, volume and mass. As a result some mathematical formulae are obtained which show the dependence of working fluid mass on the surface of the precipitation electrode on the dimension of a cell of an extensive surface.

Besides these results provide the way to calculate working fluid mass on the surface of the precipitation electrodes of a wet air purifier. The further research is still needed because it is necessary to examine a number of factors that influence the liquid in each cell in case when precipitation electrodes are installed. It is also a promising avenue the determination of the influence of the rotation speed of precipitation electrodes on working fluid mass, which is kept on their surface.

Key words: *extensive surface, precipitation electrode, worker liquid, wet air purifier.*