



УДК 632.382

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОТОКУ РІДИНИ В РОЗПИЛЮВАЧІ З ДРОСЕЛЬНОЮ МЕМБРАНОЮ

Славкова Л.Г., асп.*

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка

Тел.: 050-303-20-45

Анотація – приведені результати теоретичних досліджень режимних параметрів потоку рідини в розпилювачі та отримані залежності середньої швидкості руху рідини і перепаду тиску від масової витрати рідини через розпилювач.

Ключові слова – вітаміни, змішування, розпилювач, мембрана.

Постановка проблеми. Повноцінне вітамінне живлення тварин сприяє росту молодняку, покращує репродукційні функції, збільшує продуктивність і запобігає захворюванню тварин, а також знижує витрати кормів на одиницю продукції і покращує їх якість [1]. З ціллю забезпечення вітамінного живлення тварин, вітаміни згодуюються в вигляді кормової суміші разом з концентрованими кормами.

В сучасний час процес введення жиророзчинних вітамінів в концентровані корми є однією найбільш гострих проблем, оскільки по перше жиророзчинні вітаміни вносяться в концентровані корми в дуже малих кількостях, по друге змішувані компоненти знаходяться в різних агрегатних станах - тверда речовина і рідина, що сприяє поглинанню жиророзчинних вітамінів концентрованими кормами і перешкоджає їх рівномірному розподіленні в кормовій суміші. Тому розробка нових способів і засобів механізації змішування сипучих матеріалів з малими кількостями рідини є актуальною задачею і потребує негайного вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процес змішування сипучих матеріалів з рідиною характерний для багатьох технологічних процесів. Аналіз досліджень, присвячених питанням змішування сипучих матеріалів з малими кількостями рідини, свідчить про складність цього механічного процесу. Значний внесок в

© асп. Л.Г.Славкова

*Науковий керівник – к. т. н., проф. О.А.Науменко

розвиток теорії і практики змішування сипучих матеріалів з рідиною внесли Ю.І. Макаров [2], Г.Е. Іванець [3], А.А. Александровський [4], В.В. Садов [5], І.А. Бакин [6] та інші.

Найбільш розповсюдженим способом змішування сипучих матеріалів з рідиною є спосіб, при якому сипучий матеріал рухається за допомогою транспортувальних засобів [7. 8] (шнеків, спіралей, стрічкових транспортерів та ін.), а рідина подається в камеру змішування в розпиленому вигляді.

Недоліком даного способу змішування є те, що подаючи рідину на поверхню сипучого матеріалу вона миттєво поглинається сипучим матеріалом, внаслідок чого створюються конгломерати, які при подальшому перелопачуванні суміші раніше вказаними робочими органами важко руйнуються.

Більш досконалим способом змішування сипучих матеріалів з рідиною є спосіб, при якому процес змішування відбувається за рахунок взаємодії їх потоків в вигляді розпилених факелів [9].

Недоліком згаданого пристрою для змішування комбікормів з жиророзчинними вітамінами, на наш погляд є те, конструкцією пристрою на передбачено прогнозованого перерозподілу жиророзчинних вітамінів в концентрованих кормах.

Формування цілей статті. В результаті проведеного аналітичного дослідження існуючих способів змішування сипучих матеріалів з малими кількостями рідини і конструкцій змішувачів для їх здійснення нами запропонований новий спосіб змішування [10], при якому сипучий матеріал формується в вигляді полого циліндра в розрідженому стані, а рідина вводиться в середину циліндра в вигляді дрібнодисперсних частинок з заданими параметрами факелу розпилу. Тому для підтвердження запропонованої робочої гіпотези інтенсифікації процесу змішування концентрованих кормів з жиророзчинними вітамінами виникає необхідність в проведенні теоретичних досліджень режимних параметрів розпилювача рідких компонентів.

Результати досліджень. Під розпилюванням рідини розуміється процес створення із деякої суцільної маси рідини двохфазного середовища, яке складається із дрібних краплин даної рідини, що рухаються разом з повітряним потоком [11]. В основі розпилювання рідини на дрібні краплини лежать два процеси - механічний і пневматичний. Перший характеризується тим, що якимсь механічним пристроєм відділяються відповідні частинки рідини від суцільного потоку і формується крапельний потік. В частоті, таке можливе при сильному ударі струмені рідини об тверду стінку. Впливання багатьох факторів, які можуть мати і імовірно походження, сильно затрудняють математичне моделювання цього

процесу. Другий процес зв'язаний з явищем гідродинамічної нестійкості об'єму рідини, що має вільну поверхню на яку діє сила поверхневого натягу і рухається відносно газу. Як правило, в розпилювальних пристроях (подальше форсунках) рідина викидається або в вигляді струменя, або в вигляді плівки. Поверхневий натяг при цьому прагне зжати вільну поверхню рідини, що веде до перетворення її суцільного об'єму в набір малих об'ємів (краплин). На процес краплеутворення при цьому істотно впливає характер обтікання рідини газом.

Принципова схема запропонованого розпилювача, яка розглядається в даній роботі зображена на рис. 1.

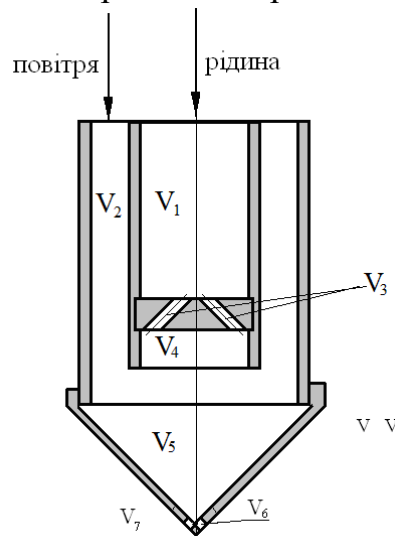


Рис. 1. Принципова схема розпилювача жиророзчинних вітамінів.

Сутність роботи форсунки наступна. По внутрішній трубці V_1 подається в'язка рідина, яка під тиском проходить через декілька отворів малого діаметру V_3 . Струмені рідини тут попадають безпосередньо на стінки трубки V_4 і далі проникають в область V_5 . Роль проміжного пристрою з отворами V_3 і трубки V_4 складається в формуванні плівки рідини на вході в область V_5 .

Повітря під тиском подається по циліндричній трубці V_2 в область V_5 , де взаємодіють з плівкою рідини і при певних параметрах роботи пристрою, визивають нестійкість плівки, що рухається і розбивання її на краплини. Повітряний потік рухаючись по звужуючому каналу до вихідного отвору (V_6), при цьому тиск в потоці при приближенні до виходу зменшується, що сприяє перетворенню рідини в високодисперсний крапельний потік. Область V_5 можливо рахувати заповненим двофазним повітряно краплинним середовищем. Вихід цього середовища із внутрішнього об'єму

форсунки відбувається через вузький отвір V_6 , створене двома конічними поверхнями, які не перетинаються.

Тут, очевидно, в залежності від режиму роботи форсунки можливі різні варіанти витікання двохфазного потоку: а) проникнення порції рідини в випадку великих крапель в область V_5 з подальшим їх розбиванням на краплини меншого діаметру; б) рух двохфазного потоку через область V_6 в випадку крапель в області V_5 діаметра менше, чим діаметр вихідного отвору. В залежності від того, який режим має місце, в області V_6 буде по різному організовуватися крапельний потік форсунки в області V_7 . В випадку: а) із отвору буде продавлюватися по черзі канонічна плівка рідини, об'єм який відповідає краплині, що продавлюється і порції повітря, які будуть взаємодіяти в області V_7 . Ця взаємодія може привести до подальшого подрібнення рідини. В випадку б) маємо справу з затопленим двохфазним струменем, який проникає в нерухоме навколишнє середовище. В цьому випадку також в залежності від режиму руху потоку може спостерігатися подальше подрібнення краплин.

Згідно запропонованій класифікації [12], даний тип пристрою для розпилення рідини відноситься до форсунок з внутрішнім змішуванням. Форму факелу розпилу на виході із форсунки формує конічна розподільча головка V_6 .

Для вирішення поставленої теоретичної задачі розглянемо поетапно процеси які відбуваються: в області руху в'язкої рідини по внутрішньому каналу V_1 , в області руху газу по зовнішньому каналу V_2 , руху циліндричної плівки рідини в області V_4 , а також руху повітряно-краплинного потоку факела розпилення в області V_6 .

Розрахунок руху рідини в області V_1 , яка представляє собою циліндричну трубку діаметра d_1 , довжиною L_1 і закінчується мембраною V_4 , (рис. 2.), виконаємо, скориставшись методами гідравліки [13].

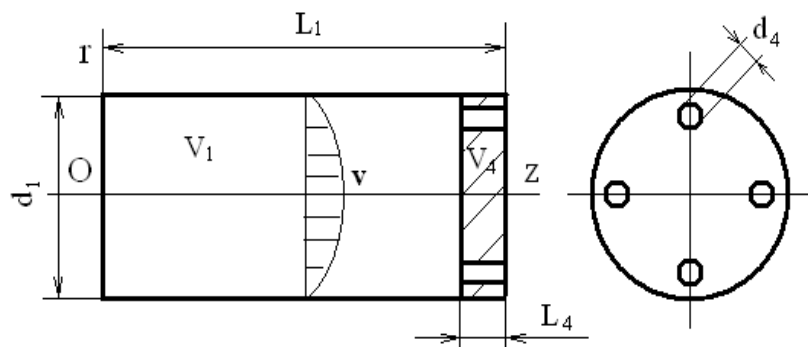


Рис. 2. Розрахункова схема руху рідини по внутрішній трубці в області V_1 , V_4 .

Рух рідини в трубці можна вважати одномірним, швидкості якого \vec{V} направлені впродовж осі труби і мають квадратичну залежність від змінної r , що відповідає течії Пуазейля. Мембрану можна розглядати як перепону, що створює додатковий місцевий опір. На об'єм рідини в трубці діють сили тиску і сили опору, які розділяються на розподілені по довжині труби і місцевий опір мембрани. Позначимо через p_0 , p_L тиск на вході в трубу в точці О і виході після мембрани. Тоді виконується наступна рівність

$$p_0 - p_L = \tau_0 \frac{\chi L_1}{\omega} + \frac{1}{2} \zeta p V^2, \quad (1)$$

де V - середня швидкість в трубці, яка визначається співвідношенням через витрати рідини через форсунку Q_f .

$$V = \frac{4Q_f}{\pi d_1^2}, \quad (2)$$

$$\tau_0 = \frac{\lambda}{8} p V^2.$$

- середнє дотичне напруження на одиницю площини стикання рідини із стінкою труби, яке визначається згідно формулі Дарсі,

$$\lambda = 0,3264 Re^{-\frac{1}{4}}.$$

- коефіцієнт гідравлічного опору (формула Блазіуса),

$$Re = \frac{\rho V d_1}{\mu}.$$

- число Рейнольда;

$\chi = \pi d_1 / 4$ - змочений периметр - частина периметра живого

перетину стикання із стінкою труби;

$\omega = \pi d_1^2 / 4$ - площа поперечного перетину труби;

ζ - коефіцієнт опору при раптовому звуженні, який визначається по формулі І.Е. Идельчика [13]

$$\xi = 0,5 \left(1 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right).$$

$D_1 = d_1$, $D_2 = \sqrt{d_1^2 - 4d_4^2}$ - еквівалентний діаметр вихідного перетину в місці розташування мембрани (пристрій має чотири однакові вихідні отвори в мембрані діаметром d_4). Якщо прийняти витрати рідини $Q_f = V \pi d_1^2 / 4$ і прийняти до уваги все раніше сказане, то формулу (1) можна записати в наступному вигляді

$$(\Delta p)_i \equiv p_0 - p_L = \left[0,1632 \frac{L_1}{d_1} \left(\frac{\mu}{pVd_1} \right)^{\frac{1}{4}} + 0,25 - \left(\frac{d_4}{d_1} \right)^2 pV^2 \right] \quad (3)$$

Для виконання числових розрахунків була створена програма на базі пакета Matlab-10. Розрахунки виконані згідно формулам (2) і (3), відображені в вигляді графічних залежностей середньої швидкості руху рідини V і перепаду тиску Δp від масової витрати рідини Q_f через форсунку. В назві рисунку приведені числові значення щільності рідини в $кг/м^3$ і динамічного коефіцієнта в'язкості в $кг/м.с$.

Аналізуючи отримані залежності слід відмітити, що збільшення масової витрати рідини від 10 до 40 $кг/год$. веде до збільшення середньої швидкості руху рідини від 0,1 до 0,8 $м/с$. Залежність при цьому має прямолінійний характер. Що стосується залежностей перепаду тиску від масової витрати рідини, то збільшення масової витрати рідини від 10 до 40 $кг/год$. веде також до збільшення перепаду тиску від 0,005 до 0,025 $атм$. Характер залежності криволінійний.

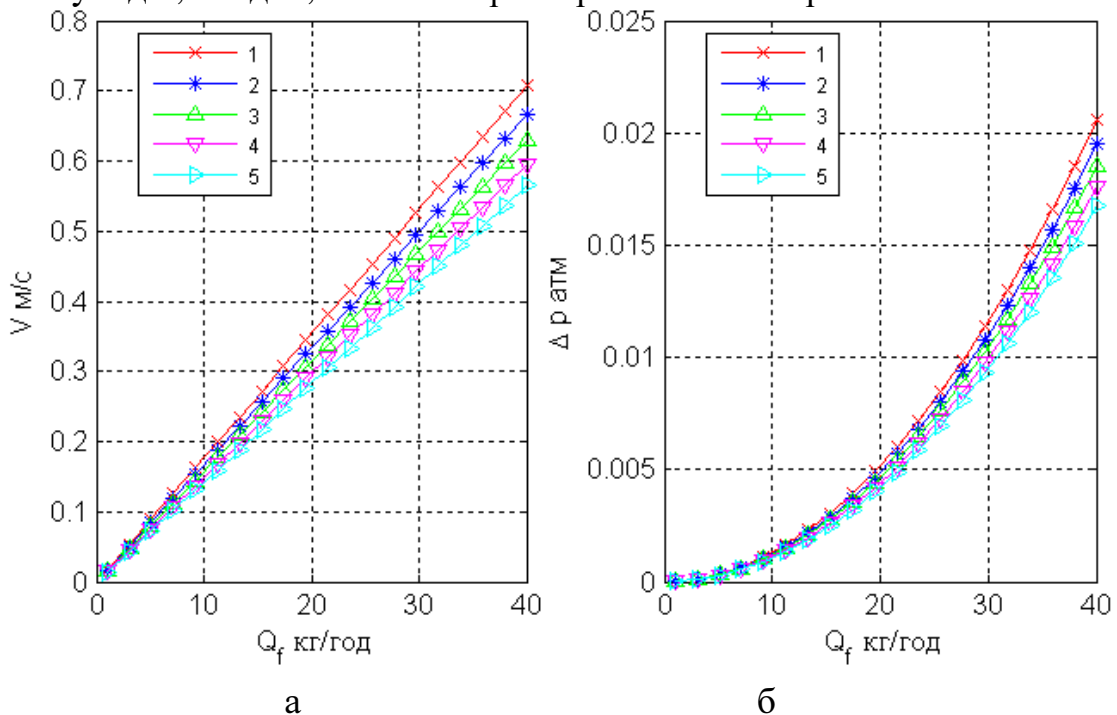


Рис. 3. Графічні залежності а - швидкості рідини V $м/с$ і б - перепаду тиску Δp $атм$ від масової витрати рідини Q_f через форсунку:

- 1 - $\rho = 800,0; \mu = 0,02$; 2 - $\rho = 850,0; \mu = 0,04$; 3 - $\rho = 900,0; \mu = 0,06$; 4 - $\rho = 95,0; \mu = 0,08$; 5- $\rho = 1000,0; \mu = 0,1$.

Висновки. В результаті проведених теоретичних досліджень режимних параметрів потоку рідини в розпилювачі встановлено, що середня швидкість потоку рідини залежить від масової витрати рідини і для прийнятих геометричних параметрів розпилювача і заданої

масової витрати рідини може змінюватися від 0,1 до 0,8 м/с, а перепад тиску при цьому змінюється 0,005 до 0,025 атм.

Література

1. *Попков П.А.* Корма и биологически активные вещества / П.А. Попков, В.И. Фисинин, И.А. Егоров. - Минск: Беларуская навука, 2005. - 882 с.
2. *Макаров Ю.М.* Основы расчета процессов смешивания сыпучих материалов. Исследование и разработка смесительных аппаратов: атореф. дис. на соискание учен. степ. докт. техн. наук: спец. 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий» / Ю.М. Макаров. - М., 1975. - 48 с.
3. *Иванец Г.Е.* Интенсификация процессов гомогенизации и диспергирования при получении сухих, увлажненных и жидких комбинированных продуктов: атореф. дис. на соискание учен. степ. докт. техн. наук: спец. 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств» / Г.Е.Иванец. - Кемерово, 2001. - 45 с.
4. *Александровский А.А.* Исследование процесса смешивания и разработка аппаратуры для приготовления композиций, содержащих твердую фазу: атореф. дис. на соискание учен. степ. докт. техн. наук: спец. 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий» / А.А. Александровский. - Казань, 1976. - 48 с.
5. *Садов В.В.* Обоснование параметров процесса ввода жидких компонентов при измельчении фуражного зерна в молотковой дробилке: атореф. дис. на соискание учен. степ. канд. техн. наук: спец. 05.20.01. «Технология и средства механизации сельского хозяйства» / В.В. Садов. - Барнаул, 2005. - 20 с.
6. *Бакин И.А.* Разработка смесительного агрегата для переработки сыпучих материалов с небольшими количествами жидкости: атореф. дис. на соискание учен. степ. канд. техн. наук: спец. 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств» / И.А. Бакин - Кемерово, 1998. - 25 с.
7. *Демидов П.Г.* Технология комбикормового производства / Демидов П.Г. - М.: Колос, 1968. - 224 с.
8. *Рудич Л.Ю.* Оборудование для производства комбикормов в хозяйствах / Л.Ю. Рудич, С.П. Рыжов // Комбикормовая промышленность. - 1999. - №5. - С. 12-14.
9. *Шаршуков В.А.* Выбор технологии ввода жидких добавок в комбикорма / В.А. Шаршуков // Достижение науки и техники АПК. - 1999. - №12. - С. 22-25.
10. *Славкова Л.Г.* Інтенсифікація процесу збагачення комбікормів жиророзчинними вітамінами / Л.Г. Славкова, О.А.Науменко, І.Г. Бойко // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і

технологій у тваринництві: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. - Харків, 2011. - Вип.108. - С. 98-103.

11. *Пажи Д.Г.* Распыливающие устройства в химической промышленности / Д.Г. Пажи, А.А.Корягин, Э.Л. Ламм - М.: Химия, 1975. - 200 с.

12. Распыливание жидкости / Ю.Ф.Дитякин, Л.А. Клячко, Б.В. Новиков, В.И. Ягодкин/. - М.: Машиностроение, 1977. - 208 с.

13. *Константинов Ю.М.* Гидравлика / Ю.М. Константинов - Киев: Выща шк.,-1988, - 398 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ЖИДКОСТИ В РОЗПИЛЮВАЧІ С ДРОССЕЛЬНОЮ МЕМБРАНОЮ

Славкова Л.Г.

Аннотация

Приведены результаты теоретических исследований режимных параметров потока жидкости в распылителе и получены зависимости средней скорости движения жидкости и перепаду давления от массового расхода жидкости через распылитель.

THEORETICAL RESEARCHES OF REGIME PARAMETERS OF STREAM OF LIQUID IN WITH A CHOKE MEMBRANE

Slavkova l.

Summary

The results of theoretical researches of regime parameters of stream of liquid are resulted in a nebulizer and got dependence of middle rate of movement of liquid and overfall of pressure from the mass expense of liquid through a nebulizer.