

Шифр: «КОРМОПРИГОТУВАННЯ»

**РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ БАГАТОКОМПОНЕНТНОГО
ДОЗУВАЛЬНО-ЗМІШУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ
ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ**

ЗМІСТ

План роботи.....	2
Реферат.....	3
Вступ.....	4
1. Значення технологічного процесу змішування при приготуванні комбікормів.....	5
2. Сутність процесу змішування і його коротка характеристика.....	7
3. Огляд конструкцій змішувачів сипучих матеріалів.....	10
4 Розробка конструкції багатокomпонентного дозувально-змішувального пристрою.....	18
5. Теоретичне визначення параметрів багатокomпонентного дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів.....	21
Висновки.....	26
Список літератури.....	27
Додатки.....	31

ПЛАН РОБОТИ

1. Визначити значення технологічного процесу змішування при приготуванні комбікормів.
2. Ознайомитись з сутністю процесу змішування і його характеристикою.
3. Виконати критичний огляд конструкцій змішувачів сипучих матеріалів безперервної дії і визначити напрямки їх удосконалення.
4. Розробити конструкцію нового гравітаційного дозувально-змішувального пристрою і подати заявку на видачу патенту.
5. Теоретично визначити параметри гравітаційного дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів.

РЕФЕРАТ

Студентська науково-дослідна робота виконана на тему: «Розробка конструкції багатокомпонентного дозувально-змішувального пристрою для приготування комбікормів» складається із 30 сторінок машинописного тексту пояснювальної записки формату А-4, містить 9 рисунків, список літературних джерел із 39 найменувань та висновків.

В вступній частині студентської науково-дослідної роботи виконано обґрунтування актуальності теми і приведені шляхи підвищення продуктивності тварин і зниження собівартості продукції тваринництва.

В першому підрозділі визначено значення технологічного процесу змішування при приготуванні комбікормів.

В другому підрозділі охарактеризована сутність процесу змішування і приведена коротка його характеристика.

В третьому підрозділі виконаний критичний аналіз існуючих конструкцій змішувачів сипучих кормів і визначені їх переваги і недоліки та визначені напрямки їх удосконалення з ціллю зниження енерговитрат на процес змішування.

В четвертому підрозділі приведені конструкція запропонованого нового (патенти на корисну модель 46543, №53255) багатокомпонентного дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів та принцип його дії.

В п'ятому підрозділі в результаті теоретичних досліджень отримані математичні залежності для визначення продуктивності гравітаційного дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів, граничної кутової швидкості обертання робочого диску змішувача і потужності приводу змішувача від геометричних параметрів змішувача і механіко-технологічних властивостей сипучих матеріалів.

Ключеві слова: продуктивність, сипучі корми; змішувачі, дослідження.

ВСТУП

Перетворення які відбуваються в Україні в політичній і економічній сфері спричинили розвиток нових відносин взагалі, а також у сфері аграрного сектору. Перехід до ринкових відносин вимагає від виробників отримання конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції при постійному підвищенні продуктивності тварин, і зниженні її собівартості.

Одним із шляхів підвищення продуктивності тварин і зниження собівартості продукції тваринництва є раціональне використання концентрованих кормів, які є найбільш цінними по поживності і мають велику вартість [1, 2]. Це пояснюється тим, що вони володіють високою кормовою цінністю (0,97...1,09 кормових одиниць в 1 кг продукту) при малому питомому об'ємі. Крім того, концентровані корми збалансовані за вмістом білків, жирів і вуглеводів, містять велику кількість природних вітамінів і мікроелементів [3,4]. Концентровані корми використовуються по двох напрямках: коли вони є основою раціону (у свинарстві і птахівництві), і коли їм відводиться роль компоненту, що балансує раціон по найважливіших елементах живлення або що створює певний фон для ефективного використання інших кормів [5].

У сучасних раціонах частка концентрованих кормів по поживності складає: для великої рогатої худоби – 20...50% (у складі кормосуміші), для свиней – 60...90%, для птиці – 80...100% [6]. Проте ефективніше використання концентрованих кормів буде у тому випадку, коли їх згодують в складі з вітамінами, мікроелементами і біологічно активними кормовими добавками у вигляді комбікормів.

Приймаючи до уваги що щорічне виробництво зерна в Україні складає 29,3 млн. тонн [7], при цьому 49% або 14,4 млн. тонн використовується у вигляді фуражного зерна для годування тварин і птиці. З них 2,9 млн. тонн фуражного зерна згодовується тваринним і птиці у вигляді комбікормів, а 11,5 млн. тонн згодовується в природному вигляді, що веде до

нераціонального їх використання.

Підготовка кормів до згодовування - одна з найбільш трудомістких технологічних операцій. Витрати праці на приготування кормів складають 25-30% від загальних витрат на виробництво одиниці продукції, при цьому собівартість готових кормів доходить до 50-70% вартості тваринницької продукції [8]. При цьому слід відзначити, що для приготування однієї тони комбікормів на процес змішування витрачається один кіловат годин електроенергії. При перерахунку на весь комбікорм, що виробляється в Україні (2,9 млн. тонн) [7], витрати електроенергії складають 2,9 млн. кВт год., або в грошовому еквіваленті 16,2 млн. грн.

Високі витрати викликані тим, що машини які використовуються в господарствах для приготування комбікормів не відповідають сучасним вимогам. Вони мають високу енергоємність і металоємність, низьку продуктивність, не забезпечують необхідну якість комбікормів.

При цьому слід також відзначити, що найбільш відповідальною операцією при приготуванні комбікормів є процес змішування інгредієнтів [9], на який впливають механіко-технологічні властивості інгредієнтів: кут природного укосу, вологість, розміри частинок, щільність, коефіцієнт тертя та інші, а також конструктивні особливості змішувального пристрою і його режимні параметри [10].

Тому розробка енергозберігаючих технологій і засобів змішування компонентів комбікормів, які будуть відрізнятися простотою конструкції, низькими енергоємністю і металоємністю є актуальною і перспективною науковою задачею для розвитку тваринницької галузі України.

1. Значення технологічного процесу змішування при приготуванні комбікормів

Відомо, що жоден вид корму не містить в потрібному для організму тварини кількостях і співвідношеннях всі елементи живильних речовин, а

тому для складання повноцінних і збалансованих по всіх видах живильних речовин раціонів використовують різні види кормів в різних комбінаціях і співвідношеннях [11].

Дослідженнями вітчизняних і зарубіжних вчених, а також виробничою практикою годування тварин доведено, що кормовий раціон ефективно використовується, коли він повністю збалансований по живильних речовинах і кількість корму кожній тварині видається в строгій відповідності із зоотехнічною нормою [12].

Виходячи з викладеного можна зробити висновок, що одним з найбільш перспективних напрямів удосконалення виробництва продуктів тваринництва є нормоване годування тварин, повністю збалансованими по всіх видах живильних речовин і елементів сумішами. При цьому норми годування диференціюють з урахуванням виду тварин, їх живої маси, віку і продуктивності [13].

Зоотехнічною наукою і практикою встановлено, що згодовування повнораціонних комбінованих кормів підвищує продуктивність тварин на 25-30 %, при цьому скорочуються терміни відгодівлі і на 15-20 % зменшується витрата кормів на одиницю продукції. При цьому істотну роль в підвищенні якості комбікормів відіграє змішування компонентів, особливо при безперервному технологічному циклі [14].

Про значення повноцінного годування сільськогосподарських тварин судять також по факту, що в структурі собівартості продукції частка кормів складає при виробництві молока 50-55 %, яловичини 65-70 %, свинини 70-75 % [15].

При цьому слід відзначити, що найбільш відповідальною операцією при приготуванні комбікормів є процес змішування інгредієнтів [16], на який впливають механіко-технологічні властивості інгредієнтів: кут природного укосу, вологість, розміри частинок, щільність, коефіцієнт тертя та інші, а також конструктивні особливості змішувального пристрою і його режимні параметри [17].

2. Сутність процесу змішування і його коротка характеристика

Аналіз публікацій, присвячених питанням змішування сипучих матеріалів, показує всю складність цього механічного процесу. Істотний внесок до розвитку теорії і практики змішування сипучих матеріалів внесли: Ю.І. Макаров [18], Ф. Стренк [19], Б.В. Кононов [20], Д.В. Савкевич [21], Д.А. Домашенко [22], Г.Ф. Іванов [23].

Під змішуванням прийнято розуміти такий механічний процес, в результаті якого інгредієнти, що спочатку знаходяться роздільно, після рівномірного розподілу кожного з них в змішуваному об'ємі матеріалу утворюють однорідну суміш. Ідеальний випадок повного змішування частинок двох компонентів представлений на рис. 1а. Всі проби, узяті з повністю змішаного шару, повинні мати однаковий склад. Проте такого стану, як затверджують багато авторів [24-26], не можна досягти в результаті механічного змішування, а можна отримати тільки попереми́нним укладанням частинок двох компонентів (впорядкований стан). Стан повного змішування, який визначається статистично, є неупорядкованим станом (рис.1б).

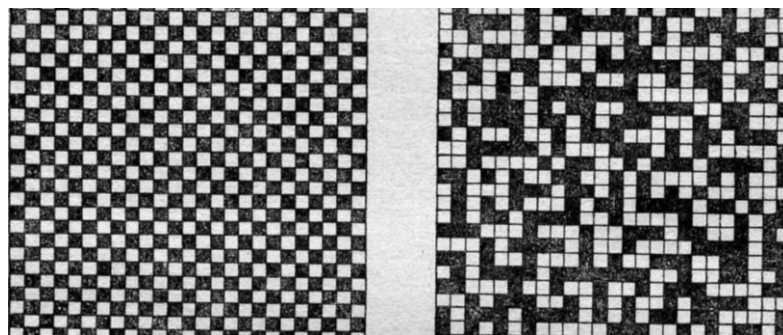


Рис.1. Стан повного змішування двокомпонентної суміші: а) - впорядкований стан (укладання); б) - неупорядкований стан

Це такий стан, при якому вірогідність знаходження частинки даного компоненту в довільній точці суміші є постійна величина, рівна частці цього компоненту у всій масі [27]. Неупорядкований стан може бути досягнутий в технологічній операції змішування.

При змішуванні сипучих компонентів велике значення мають співвідношення показників їх щільності і об'ємів. Чим це співвідношення ближче до одиниці, тим швидше і легше відбувається процес змішування і досягається необхідний ступінь однорідності суміші. Також чим менші розміри частинок і більш вирівняним є їх гранулометричний склад, тим легше отримати задану однорідність суміші. Якщо середні розміри частинок одного компоненту значно відрізняються, то однорідну суміш отримати скрутно.

Під терміном «співвідношення компонентів» прийнято розуміти відношення кількості меншого компоненту до більшого компоненту. Чим менше це співвідношення (у межі рівно одиниці), тим швидше за всіх інших умов досягається заданий ступінь однорідності.

З практики відомі ряд способів змішування, які відрізняються умовами надходження змішуваних матеріалів в робочий об'єм змішувача. Найбільш простій з них – періодичний, коли цикл роботи включає час завантаження, змішування і вивантаження.

Процес змішування сипких матеріалів є складним механічним процесом, механізм дії якого залежить головним чином від способу змішування і конструкції змішувача, що викликає додаткові труднощі в математичному тлумаченні цього явища. Проте, робляться спроби якісного опису процесу змішування. Ю.І. Макаров [18] припускаючи, що процес змішування складається з наступних елементарних процесів: переміщення групи суміжних частинок з одного місця суміші в інше впровадженням, зім'яттям, ковзанням шарів (процес конвективного змішування); поступового перерозподілу частинок різних компонентів через свіжестворений кордон їх розділу (процес дифузійного змішування); зосередження частинок, що мають однакову масу, під дією гравітаційних або інерційних сил (процес сегрегації).

Ці елементарні процеси протікають в змішувачах одночасно, але ступінь їх впливу в різні періоди часу не однаковий. У початковий період переважає конвективне змішування на рівні макрооб'ємів. Поверхня розділу

між різними компонентами невелика, тому частка процесу дифузійного змішування, що йде з невеликою швидкістю, невелика. Ще менший вплив в цей період надає процес сегрегації, оскільки усередині макрооб'ємів, частинки щодо один одного залишаються нерухомі. Швидкість процесу конвективного змішування практично не залежить від механіко-технологічних властивостей інгредієнтів, оскільки він протікає на рівні макрооб'ємів, тому головний вплив на швидкість процесу змішування у цей момент часу надає характер руху потоків частинок в змішувачі. Після того, як компоненти в основному будуть розподілені за всім обсягом суміші, процеси конвективного і дифузійного змішування стають рівноправними по їх впливу на загальний процес. В цей час процес перерозподілу частинок йде на рівні мікрооб'ємів. Починаючи з деякого моменту процес дифузійного змішування, стає переважаючим. В цей час на нього починає помітніше впливати сегрегація частинок. У якийсь момент часу два протилежні процеси – дифузійне змішування і сегрегація можуть врівноважуватися, після цього подальше перемішування компонентів не має сенсу, оскільки якість суміші залишається практично постійною.

Альтернативою періодичному способу змішування може служити безперервний потоковий метод. В цьому випадку в змішувач безперервно вводяться інгредієнти в певному співвідношенні і суміш безперервно з нього виводиться. Процес приготування сумішей в змішувачах, що безперервно діють, має відмітні особливості. Унаслідок порівняно невеликого часу перебування матеріалу в активній зоні змішування у змішувачів безперервної дії в основному, переважає конвективне змішування. Тому швидкість процесу сумішоутворення і якість кінцевого продукту залежить від конструктивних особливостей змішувача і характеру подачі в нього початкових матеріалів. У тихохідних змішувачах, де процес здійснюється при русі матеріалу під дією сил тяжіння або відцентрової сили, досягається безладний рух окремих частинок щодо один одного, тобто переважає дифузійне змішування.

Характерною особливістю процесу змішування погано сипучих матеріалів є те, що частинки компонентів здатні з'єднаються один з одним, утворюючи стійкі структури (конгломерати), які істотно впливають на хід процесу і кінцеву однорідність суміші. Час для змішування компонентів, що містять конгломерати або схильних до їх створення, збільшується в два порядки і більш. Конгломерати утворюються унаслідок виникнення міцних зв'язків між частинками, обумовлених міжмолекулярними і іншими силами зчеплення. Розміри і міцність конгломератів залежить від природи зв'язків між частинками і умов їх створення. В процесі змішування під дією зовнішніх сил конгломерати розпадаються на дрібніші утворення, які проявляють велику стійкість до руйнування, чим первинні. За певних умов конгломерати можуть бути повністю зруйновані, але найчастіше в суміші залишається їх деяка частина, що викликає локальні неоднорідності.

Таким чином, неоднорідність суміші, що утворюється в існуючих змішувачах безперервної дії, залежить від ряду причин: відхилення фактичного розподілу частинок компонентів в суміші від середнього в результаті недостатнього їх змішування за час перебування їх в змішувачах; присутність в суміші конгломератів; нерівномірність подачі початкових компонентів в змішувач і недосконалість конструкцій змішувачів. Тому подальше удосконалення конструкцій змішувачів є головним в досягненні поставлених завдань.

3. Огляд конструкцій змішувачів сипучих матеріалів

В даний час, як в нашій країні, так і за кордоном змішувачі сипучих матеріалів широко використовується в хімічному, фармацевтичному, харчовому виробництвах, а також в сільському господарстві при приготуванні повноцінних кормових сумішей для тварин.

Для здійснення процесу змішування створено безліч конструкцій змішувачів, які залежно від циклічності виконання технологічного процесу

діляться на змішувачі періодичної дії і змішувачі безперервної дії.

Періодичний процес змішування відбувається, як правило, в замкнутому об'ємі змішувача, при цьому вирішальне значення має час змішування, який повинен бути мінімально достатнім для забезпечення заданої однорідності суміші. Змішувачі періодичної дії характеризуються циклічним режимом роботи – подача компонентів в змішувач, їх змішування і вивантаження готової продукції. Враховуючи викладене, можна стверджувати, що такі змішувачі недостатньо досконалі не тільки з погляду тривалості циклу змішування і обмеженої подачі, значних питомих витрат енергії і металоємності, але і з погляду можливості механізації і автоматизації технологічного процесу. Крім того, змішувачі періодичної дії, по виразу Ю.І. Макарова [18], не придатні для змішування компонентів, що входять в суміш в співвідношеннях 1:100 і більш.

Відмітною особливістю змішувачів безперервної дії є відсутність багаторазового проходження матеріалу через одні і ті ж зони перемішування при безперервному завантаженні і вивантаженні компонентів. При цьому мають місце варіювання концентрацій змішуваних компонентів на вході в змішувач.

Змішувачі безперервної дії мають значні переваги, оскільки у них процес змішування сталий і стабільний, при цьому з'являється можливість отримувати такі суміші, в яких концентрація деяких компонентів складає 0,1 – 1% (лікувальні препарати, мікроелементи, вітаміни та інші).

У сучасній промисловості використовують апарати, ефект змішування в яких заснований на різних фізичних діях. Механічні, струменеві, пневматичні, статичні, імпульсні, вібраційні, ультразвукові, магнітні змішувачі і це не повний перелік апаратів, що мають різні принципи роботи, продуктивність, розміри і так далі [18].

До механічних можуть бути віднесені змішувачі з корпусом, що обертається, або барабанні змішувачі (рис. 2). Вони відносяться до найбільш поширених в даний час машин, вживаних для змішування різноманітних сипучих матеріалів. Барабанні змішувачі відносяться до тихохідних машин, оскільки окружна швидкість

обертання їх корпусу невелика і складає 0,17... 1 м/с. Робоча швидкість обертання, що забезпечує необхідну якість суміші, залежить, в основному, від типу змішувача і механіко-технологічних властивостей компонентів, що змішуються.

Наприклад, змінюючи форму корпусу і траєкторію його руху можна до певної міри впливати на процес змішування. Так, змішувачі цього типу (рис. 2д), іноді їх називають «п'яною бочкою» мають складний рух матеріалу, що дозволяє отримати хорошу якість суміші і високу продуктивність. Змішувачі даного типу можна було б назвати інерційними, оскільки цей термін більш повно відображає особливості роботи апарату. У ній процес розподілу компонентів відбувається за рахунок пересипання, перетікання компонентів в просторі, обмеженому корпусом, що обертається. При цьому напрям швидкостей і прискорень, якими володіють різні макрооб'єми суміші, істотно розрізняються. На частинки в об'ємі діють сили тяжіння, відцентрові сили і сили інерції.

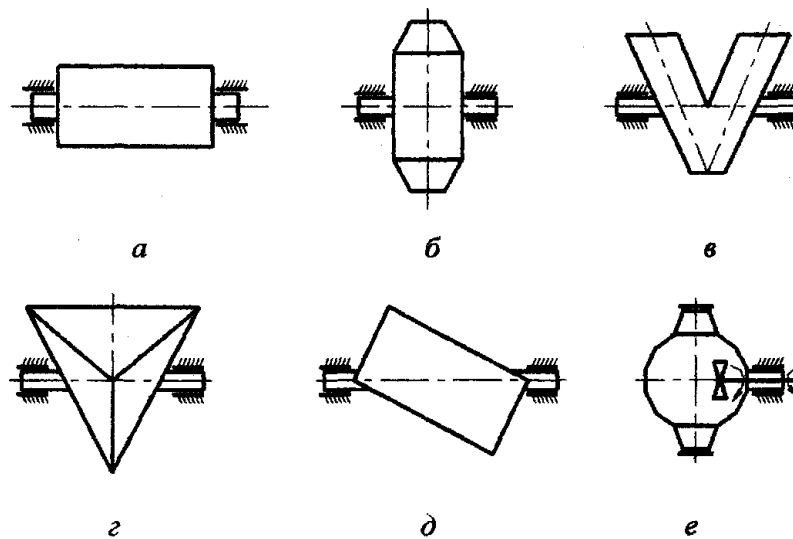


Рис. 2. Основні види барабанних змішувачів: а - циліндровий горизонтальний; б - біконічний вертикальний; в - v-образний; г - тетраєдний; д - циліндровий з діагональною віссю обертання; е - циліндровий з перегородками

Процес змішування матеріалу в барабанних змішувачах відбувається в поперечній площині сегменту (у горизонтального барабана), або із рухом матеріалу по спіралі (у разі похилого барабана). У самому шарі частинки переміщуються майже без перерозподілу по кругових орбітах паралельно стінкам. Тому для

інтенсифікації процесу змішування і поліпшення якості приготованої суміші всередину корпусу барабанних змішувачів встановлюють різні нерухомі перегородки [28] або додаткові перемішуючі органи [29].

До переваг барабанних змішувачів можна віднести: простоту конструкції, надійність в роботі, можливість змішування сипучих матеріалів із специфічними властивостями. До недоліків слід віднести: невисока якість змішування, тривалість циклу, високі енерговитрати.

Великим різноманіттям відрізняються черв'ячно-лопатеві змішувачі (рис. 3), які відносяться до універсальних машин. У них можна змішувати як зволожені матеріали і пасти, так і сухі сипучі матеріали. Виготовляються вони з одним або в більшості випадків двома валами, на яких змонтовані елементи змішувачів.

До черв'ячно-лопатевих змішувачів відносяться стрічкові і спіральні-гвинтові змішувачі, у яких елемент змішувача виконаний у вигляді однієї або декількох гвинтоподібних стрічок [30]. Частинки сипучого матеріалу перерозподіляються в змішувачі унаслідок протилежного переміщення матеріалу під дією стрічок або спіралей. Частинки, що піднімаються з одного місця, упродовжуються, втираються у іншому місці. До недоліків цих змішувачів слід віднести: значна витрата енергії на одиницю готової суміші, унаслідок низької швидкості процесу змішування, порівняльна низька якість змішування, великий знос лопатей валів, а також наявність сальникових ущільнень, в парі тертя яких можливе проникнення компонентів, що переробляються.

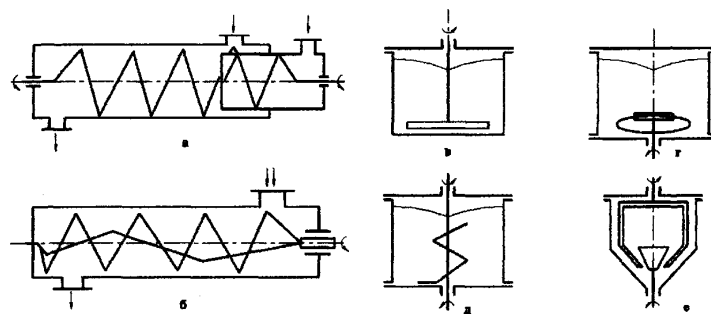


Рис. 3. Черв'ячно-лопатеві змішувачі: а - з двома шнеками; б - з двома спіралями; в - циркуляційний змішувач з перемішуючим пристроєм; г - з дисковим органом; д - шнековою мішалкою; е - з рамною мішалкою і усіченим конусом

Широке застосування в народному господарстві також знайшли вібраційні змішувачі. Ці змішувачі можна розділити на дві групи: циркуляційні і активаційні [31]. До першої групи відносяться змішувачі, в яких вібрація направлена на створення циркуляції змішуваних компонентів. До другої групи можна віднести апарати, в яких вібрація призначена для активації процесу змішування шляхом накладення пульсацій на потік суміші, рухомий в змішувачі. Для змішування сухих сипучих матеріалів часто застосовуються лоткові (типу ДВС-Н) і барабанні змішувачі [32], схеми яких представлені на (рис. 4).

У вібраційних змішувачах маса матеріалу безперервно переміщається уздовж віброуючого корпусу змішувача. Корпус коливається по круговій або еліпсоїдній траєкторії з прискоренням, що забезпечує відрив від нього оброблюваного матеріалу. Основна маса оброблюваного матеріалу циркулює в поперечних перетинах корпусу убік, зворотню обертанню вібратора. У вібраційних змішувачах обертання лопатей ще більш підсилює циркуляцію матеріалу, приводить до високих швидкостей процесу радіального переміщення і його змішування. У вібраційних змішувачах можна досягти хорошої якості змішування з коефіцієнтом неоднорідності 3% за порівняно короткий проміжок часу, враховуючи при цьому можливість високих енерговитрат.

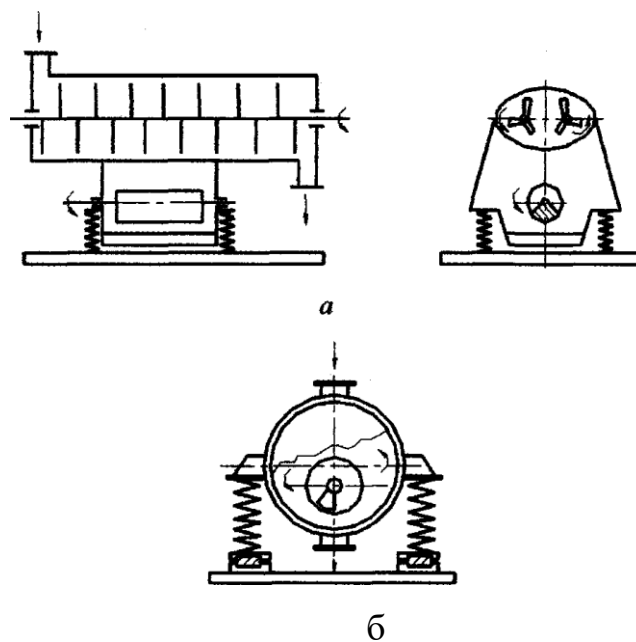


Рис. 4. Вібраційні змішувачі: а - вібраційний змішувач з внутрішніми перегородками; б - вібраційний змішувач без внутрішніх пристроїв

При обробці матеріалів в вібраційних змішувачах з розміром частинок розміром десяти мікронів процесу змішування при накладенні вібрації сильно перешкоджають високі адгезивні сили, вплив яких збільшується із збільшенням висоти шару. При використанні вібраційних змішувачів необхідно також враховувати можливість розділення частинок різного розміру і різної щільності.

У основу змішувачів із розрідженням сипучих матеріалів закладений інтенсивний перерозподіл компонентів в потоці газу, частіше всього в повітрі [33]. При розрідженні сипучих матеріалів газом, ступінь однорідності суміші може бути досягнута за дуже короткий проміжок часу. Цьому сприяє подовжнє перемішування частинок і загальна циркуляція маси в апараті над газорозподільним пристроєм. До переваг пневматичних змішувачів (рис. 5) слід віднести відсутність рухомих деталей в шарі матеріалу і простоту конструкції.

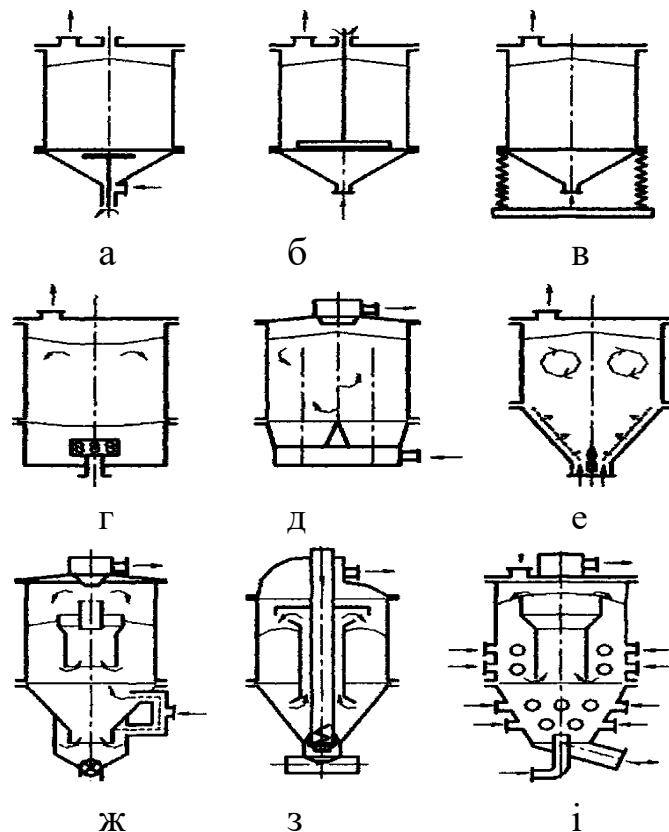


Рис. 5. Пневматичні змішувачі: а - з мішалкою; б - циклічне зрідження; в - з накладенням вібрації; г - з застосуванням решітки із змінною проникністю; д - з тангенціальним підведенням газу; е - з подачею газу по кільцю; ж - з застосуванням циркуляційної труби; з - з завихренням; і - з застосуванням ежектора

Проте тонко дисперсні матеріали погано піддаються розрідженню. У шарі матеріалу виникають вертикальні канали, по яких рухається газ, а між цими каналами матеріал практично залишається нерухомим. Утворення каналів можна уникнути, якщо в розріджений шар матеріалу ввести, наприклад, мішалку або встановити під газорозподільний пристрій диск, що обертається. Недоліками даних апаратів є високі енерговитрати.

До пневматичних змішувачів можна віднести і такі пристрої, в яких компоненти змішуються в штучно створеному циркуляційному потоці газу. Одна з конструкцій такого змішувача представлена на (рис. 5г).

Структура розрідженого шару сипучого матеріалу може бути істотно покращена і при накладенні на шар вібрацій. Схема пневматичного змішувача з накладенням вібрацій показана на (рис. 5в). Поєднання продування і вібрації забезпечує рівномірне зрідження шаруючи. Слід відмітити, що при надмірному збільшенні подачі повітря під шар матеріалу і постійних параметрах вібрації інтенсивність перемішування погіршується. Існує певний взаємозв'язок між швидкістю газу в шарі і параметрами вібраційної дії для забезпечення необхідного ефекту змішення.

Переваги пневматичних змішувачів: висока продуктивність, короткий цикл змішування, достатньо хороша якість суміші, відсутність механічних пристроїв, що обертаються, в більшості з них, простота конструкції. Недоліки: погана якість змішування компонентів, частинки яких відрізняються як по розмірах, так і по щільності, велике віднесення частинок, необхідність установки громіздких пиловловлюючих пристроїв, високі енерговитрати.

В даний час промисловістю використовуються також гравітаційні змішувачі [34, 35]. Дані змішувачі застосовують в основному для приготування композицій з сухих, добре сипучих компонентів (рис. 6). Для підвищення ефективності роботи гравітаційних змішувачів в їх корпус додатково вводять вібратори, розпушувачі, тобто на потік матеріалу, що рухається накладаються пульсації від додаткового робочого органу. Перевагами цих змішувачів є простота конструкції, достатньо висока якість суміші, дуже низькі енерговитрати.

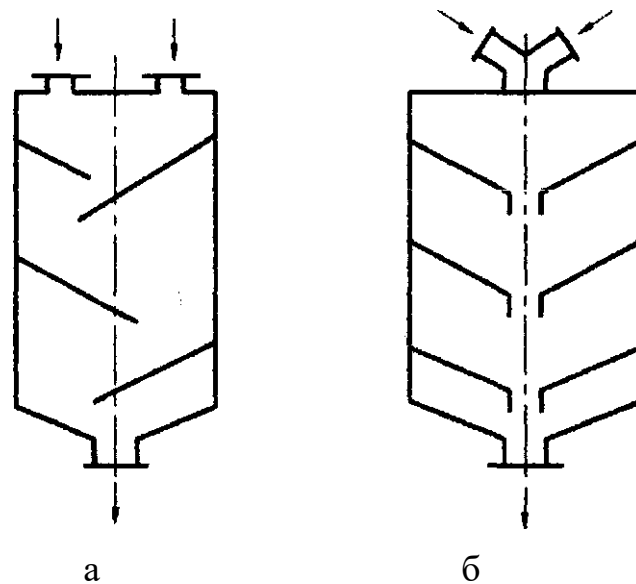


Рис. 6. Гравітаційні змішувачі: а - лотковий; б - бункерний

Іншим напрямом підвищення інтенсифікації процесу змішування є розробка змішувачів, що використовують спільно інерційні сили і сили механічної дії на оброблювані матеріали (рис. 7).

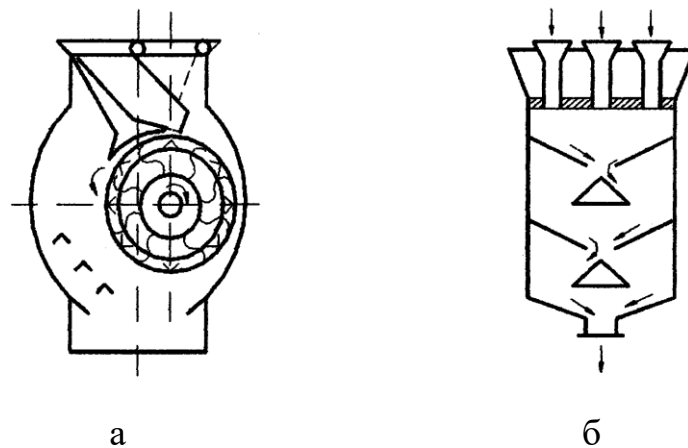


Рис. 7. Гравітаційні змішувачі: а - інерційний; б - пересипний

Також, для змішування сипучих матеріалів (в деяких випадках з невеликою кількістю рідини) застосовують каскадні ротаційні змішувачі. Каскадні змішувачі хороші тим, що змінюючи кількість секцій, легко можна регулювати якість суміші. Недоліком цих апаратів є те, що вони мають вузький діапазон властивостей матеріалів, які можна змішувати. До апаратів, де здійснюється рух і переробка двох і більше видів матеріалів можна віднести змішувачі з безперервним потоком. До їх недоліків, крім високих енерговитрат, слід віднести підвищені вимоги до дозуючого

пристрою. Слід також відзначити, що існує цілий ряд спеціальних конструкцій змішувачів, де реалізовані різні принципи змішування. Вони розроблені з урахуванням спеціальних вимог, що пред'являються як технологічним процесом на виробництві, так і механіко-технологічними властивостями самих матеріалів. У сучасній промисловості застосовуються апарати змішувачів, що використовують різні силові поля і дії: розріджений шар, сили інерції, які включають як відцентрові, так і коріолісові сили, а також гравітацію, вібрацію, ультразвук, електромагнітне поле. Не дивлячись на різноманіття змішувачів, література, присвячена дослідженню процесів, що відбуваються в даних конструкціях, вельми обмежена. Причому, як правило, в цих роботах основна увага приділяється технологічним параметрам - якості змішування, споживаній потужності, продуктивності апарату і деяким іншим. І фактично відсутні дані про характеристики рухи фаз і умовах їх змішування, немає також обліку впливу конструкції. Ці обставини приводять до розробки нових способів гравітаційного змішування сипучих матеріалів і нових конструкцій змішувачів.

4 Розробка конструкції багатокomпонентного дозувально-змішувального пристрою

Із приведеного аналізу конструкцій гравітаційних змішувачів сипучих матеріалів слідує, що якість змішування залежить не тільки від роботи змішувача, а й залежить від рівномірності потоків сипучих матеріалів які вводяться в змішувач дозуючими пристроями. Тому раціонально буде при створенні гравітаційних змішувачів їх роботу розглядати в одному зв'язку дозатор–змішувач. З наведених описів конструкцій також невідомо як відбувається регулювання співвідношення змішуваних компонентів, що є основою приготування якісної суміші. Запропонована нами [36-38] конструкція гравітаційного дозувально-змішувального пристрою також має недоліки, які складаються в тому, що за рахунок пересипання компонентів по поверхням змішувальних конусів не можливе їх повне змішування, так як

процес змішування відбувається випадковим чином і виключає можливість його управління. Також слід відмітити, що при русі змішувальних компонентів по поверхнях змішувальних конусів приводить до їх сегрегації.

З метою удосконалення багатокомпонентного дозувально-змішувального пристрою нами запропоновано [39] додатково обладнати його обертовим диском, який розташувати горизонтально під випускними отворами, що забезпечить при його обертанні дозоване формування тонкого шару кожного компонента на диску. Окрім того над обертовим диском встановити нерухомі скребки, виконані в вигляді різних за довжиною відрізків логарифмічної спіралі, при цьому послідовність числових значень довжин скребків є арифметична прогресія з різницею прогресії рівній ширині шару компоненту який формується на диску. Послідовне переміщення компонентів суміші скребками, при обертанні диска, призводить їх до зіткнення, що спричиняє їх змішуванню.

Запропонований багатокомпонентний дозувально-змішувальний пристрій сипучих компонентів (рис. 8) складається з дозувальної і змішувальної частин. Дозувальна частина пристрою складається з накопичувального бункера 1, який розділений перегородками 2 і частинами призматичної труби 3 на окремі відсіки 4, кількість яких відповідає кількості змішуваних компонентів. В нижній частині відсіків розташовані гравітаційні дозатори виконані в вигляді регульованих випускних отворів з заслінками 5 і горизонтально розташованого обертового диска 6. Змішувальна частина пристрою складається з обертового диска 6 над яким розташовані нерухомі скребки 7, виконані в вигляді відрізків логарифмічної спіралі, при цьому послідовність числових значень довжин скребків є арифметична прогресія з різницею прогресії рівній ширині шару компоненту який формується на диску. Дозувально-змішувальна частина пристрою розміщена в кожусі 8, який складається із двох зрізаних конічних поверхонь з'єднаних основами і служить вивантажувальною горловиною 9. Привід обертового диска 6 здійснюється за допомогою електродвигуна 10.

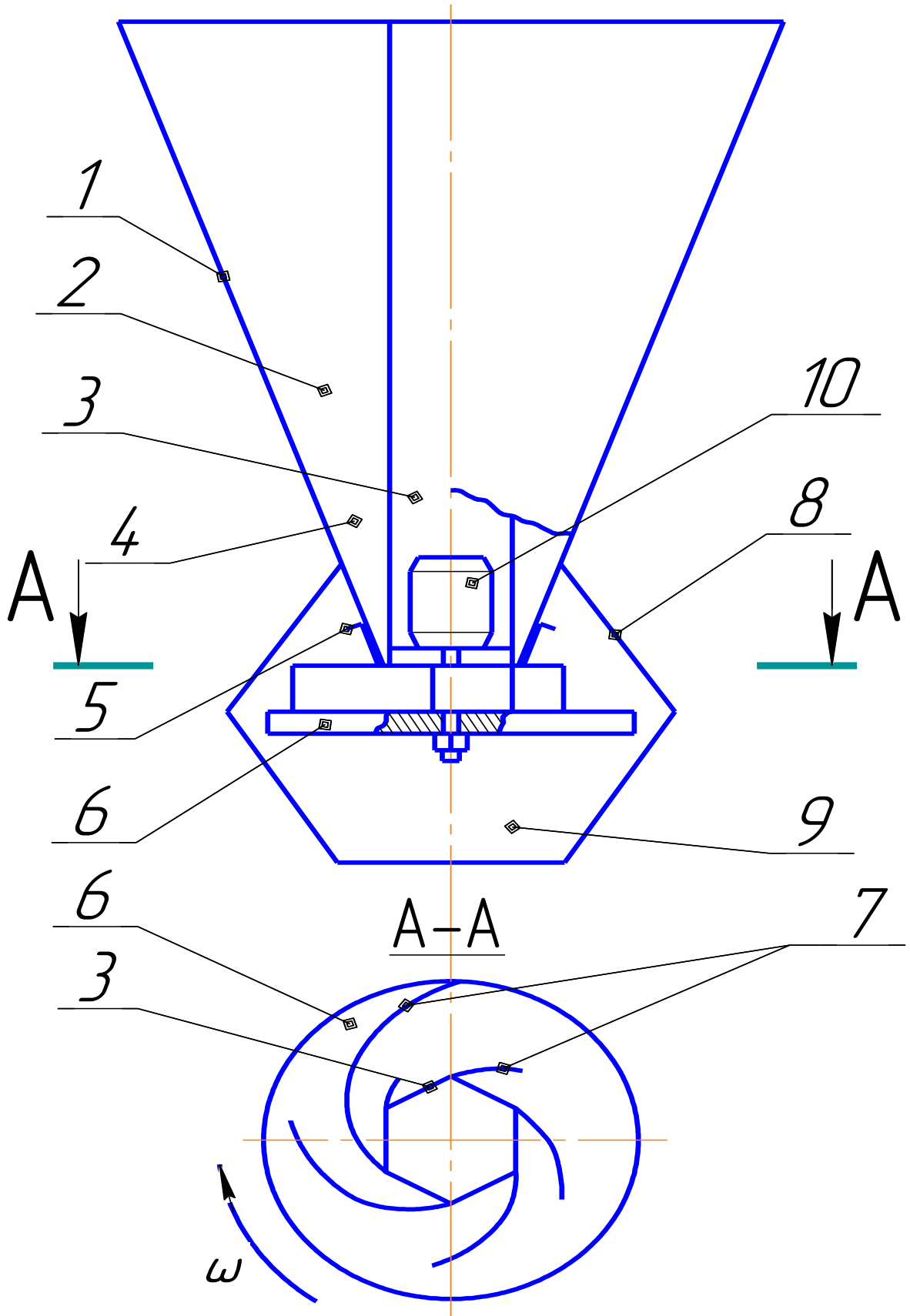


Рис. 8. Гравітаційний дозувально-змішувальний пристрій сипучих компонентів

Багатокомпонентний дозувально-змішувальний пристрій сипучих компонентів працює наступним чином. Компоненти суміші завантажуються в окремі відсіки 4 накопичувального бункера 1. Потім за допомогою заслінок 5 встановлюється необхідна продуктивність кожного дозатора, що забезпечує необхідне співвідношення змішуваних компонентів. Під дією гравітаційних сил при цьому на обертовому диску 6 формуються окремі шари компонентів. Далі, при включенні електродвигуна 10, обертовий диск переміщує компоненти суміші і викликає їх взаємодію з скребками 7, які послідовно переміщують компоненти суміші до периферії диска 6, спричиняють їх зіткненню, що веде до їх змішування. Сформований таким чином шар суміші при взаємодії з останнім скребком, який має найбільшу довжину, скидається в вивантажувальну горловину 9, де відбувається додаткове їх змішування.

Таким чином, забезпечуючи задану дозовану подачу кожного із компонентів суміші веде до підвищення якості дозування, а взаємодія сформованих потоків з скребками і один з одним забезпечує якісне їх змішування.

5. Теоретичне визначення параметрів гравітаційний дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів

Основним технологічним показником багатокомпонентного дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів є його продуктивність, яку можна визначити (рис. 9) із параметрів насипної маси сипучого матеріалу, яка утворюється внаслідок її висипання із бункера на диск, параметрів самого диска і кутової швидкості його обертання, а також кількості бункерів із яких відбувається висипання сипучого матеріалу. Окрім того, для забезпечення стабільної роботи змішувача, необхідно визначити критичну кутову швидкість обертання диска, яка забезпечить утримання сипучого матеріалу на диску силами тертя та потужність його приводу.

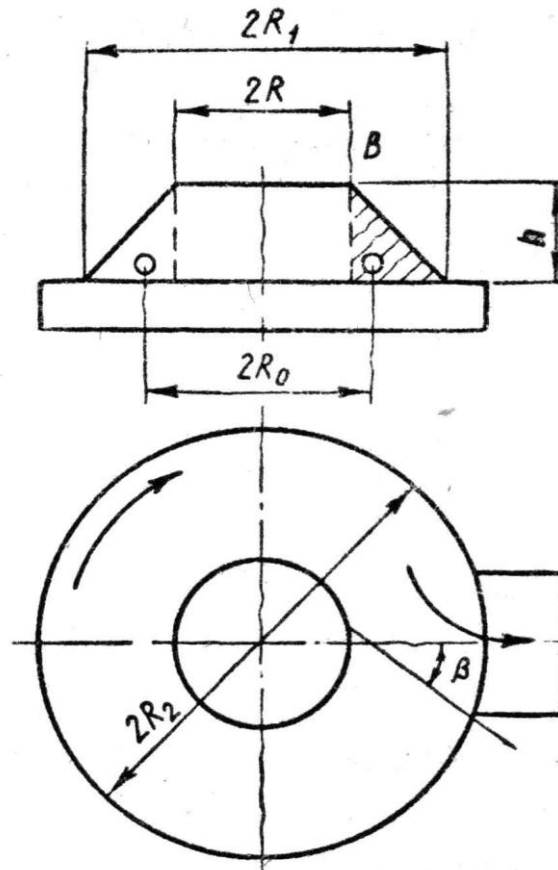


Рис. 9. Розрахункова схема по визначенню продуктивності гравітаційний дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів

Як видно із приведеного рисунку продуктивність гравітаційного дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів залежить від об'єму сипучого матеріалу на диску його щільності, кількості скребків та кутової швидкості обертання диска

$$W = V \cdot \rho \frac{\omega}{2\pi} \cdot n, \quad (1)$$

де V - об'єм сипучого матеріалу, який знімається з диска за один оберт одним скребком;

ρ - щільність сипучого матеріалу;

ω - кутова швидкість обертання диска;

n - кількість скребків на диску.

Максимальний об'єм сипучого матеріалу, що знімається одним скребком за один оберт диска дорівнює:

$$V = 2\pi R_0 S, \quad (2)$$

де - R_0 - відстань між центром тяжіння радіального перерізу кільця сипучого матеріалу і віссю обертання диска:

$$R_0 = R + \frac{h}{3\operatorname{tg}\alpha}, \quad (3)$$

де R - радіус розташування вивантажувальних вікон бункера;

h - висота розташування положення заслінок вивантажувальних вікон;

α - кут природного укосу сипучого матеріалу при русі;

S - площа поперечного перетину кільця сипучого матеріалу:

$$S = \frac{h^2}{2\operatorname{tg}\alpha}. \quad (4)$$

Підставивши значення R_0 і S у формулу (1) і після її перетворення отримаємо

$$W = \frac{\rho\omega^2 h^2}{\pi\operatorname{tg}\alpha} \left(R + \frac{h}{3\operatorname{tg}\alpha} \right) n. \quad (5)$$

Гранична частота обертання диска змішувача визначається із умови, що відцентрова сила інерції менша сили тертя сипучого матеріалу по диску, тобто:

$$\frac{mv^2}{R_1} = fmg, \quad (6)$$

де R_1 - радіус основи конуса сипучого матеріалу;

f - коефіцієнт тертя сипучого матеріалу по поверхні диску в умовах руху;

m - маса матеріалу, який обертається;

v - колова швидкість диска біля основи сипучого матеріалу, яка дорівнює
 $v = \omega R_1$.

Тоді гранична кутова швидкість обертання диска дорівнює

$$\omega \leq \sqrt{\frac{g \cdot f}{R_1}} . \quad (7)$$

Потужність приводу гравітаційного дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів може бути визначена за формулою:

$$N = \frac{N_1}{\eta} (1 + f_2 \cos \beta) k , \quad (8)$$

де - η - коефіцієнт корисної дії приводного механізму;

β - кут установки скребка до площини перерізу кільця сипучого матеріалу;

f_2 - коефіцієнт тертя сипучого матеріалу по скребку;

k - коефіцієнт, який враховує інші опори;

N_1 - потужність на валу диска для подолання опору тертя сипучого матеріалу:

$$N_1 = \frac{Pv_m}{10,2} , \quad (9)$$

де v_m - швидкість руху матеріалу;

P - сила тертя, яка дорівнює:

$$P = Sl\rho f . \quad (10)$$

де l - шлях переміщення сипучого матеріалу від вивантажувального вікна до зовнішнього радіусу диска.

ВИСНОВКИ

1. Одним із способів зниження собівартості тваринницької продукції і підвищення її конкурентноздатності є зниження енерговитрат приготування комбікормів. Одною із найбільш трудомістких операцій при приготуванні комбікормів є їх змішування, тому розробка змішувачів, які будуть працювати під дією гравітаційних сил є одним із напрямків зниження собівартості продукції тваринництва.

2. Проведеним аналізом конструктивних особливостей гравітаційних змішувачів сипучих матеріалів встановлені основні напрямки їх удосконалення, а також визначено, що технологічний процес змішування необхідно розглядати в єдиній системі дозування-змішування.

3. Запропонована нова (патенти на корисні моделі «Гравітаційний дозувально-змішувальний пристрій сипучих компонентів» №46543 та №53255,) конструкція змішувача, в якому процес дозування та змішування розглядається як єдина система, а сам процес змішування виконується при взаємодії сформованих потоків сипучих матеріалів з скребками, що забезпечує якісне їх змішування.

4. В результаті теоретичних досліджень отримані математичні залежності для визначення продуктивності гравітаційного дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів, граничної кутової швидкості обертання робочого диску змішувача і потужності приводу змішувача від геометричних параметрів змішувача і механіко-технологічних властивостей сипучих матеріалів.

5. Впровадження в виробництво запропонованої конструкції багатокомпонентного дозувально-змішувального пристрою сипучих компонентів дозволить щорічно економити 2,9 млн. кВт год. електроенергії, або в грошовому еквіваленті 16,2 млн. грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Общие принципы нормирования питания животных по детализированным нормам // Эффективне птахівництво. – 2006. №4. – С. 25-34.
2. Корма и биологически активные вещества: монография Н.А. Попков, В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Ю.А. Пономарченко, В.А. Шаршунов, В.С. Пономаренко / Минск, «Беларусская наука», 2005. – 264 с.
3. Дмитриченко А.П. Совершенствование нормирования и оценка питательности кормов // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1989. - №2. – С.8-10.
4. Георгиевский В.И., Анненков Б.Н., Самохин В.Т. Минеральное питание животных / Москва: Колос, 1979. – 471 с.
5. Боярский Л.Г. Технология кормления и полноценное кормление сельскохозяйственных животных. - Ростов н/Д: Феникс, 2001. - 200 с.
6. Mungo A. Uldine aootmisopetus J. ERK. – Tallin, 1963. -175 с.
7. Горбачев В.В. Витамины микро- и макроэлементы / Минск: Интерпресс сервис, 2002. – 544 с.
8. Метревели Т.В., Шевелева Н.С. Биохимия животных / Санкт-Петербург-Москва: Краснодар. изд. «Лань», 2005. – 416 с.
9. Піщелка В.А. Стан та перспективи розвитку комбикормової галузі в Україні // Эффективні корми та годівля. – 2006. №3. – С. 5-8.
10. Афанасьев В.А., Ульченко Р.А. Особенности развития комбикормовой промышленности США. Обзорная информация, серия: Комбикормовая промышленность. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1990. – 36 с.
11. Боярский Л.Г. Технология кормления и полноценное кормление сельскохозяйственных животных. - Ростов н/Д: Феникс, 2001. - 200 с.
12. Mungo A. Uldine aootmisopetus J. ERK. – Tallin, 1963. -175 с.
13. Горбачев В.В. Витамины микро- и макроэлементы / Минск: Интерпресс сервис, 2002. – 544 с.

14. Метревели Т.В., Шевелева Н.С. Биохимия животных / Санкт-Петербург-Москва: Краснодар. изд. «Лань», 2005. – 416 с.
15. Піщелка В.А. Стан та перспективи розвитку комбікормової галузі в Україні // Ефективні корми та годівля. – 2006. №3. – С. 5-8.
16. Афанасьев В.А., Ульченко Р.А. Особенности развития комбикормовой промышленности США. Обзорная информация, серия: Комбикормовая промышленность. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1990. – 36 с.
17. Лоскутов А.Н. Техника для производства комбикорма. // Птицеводство. – 2000. - №4. – С. 38-40.
18. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. - М.: Машиностроение, 1973. - 216с.
19. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. - Л.: Химия, 1975.
20. Кононов Б.В., Шпагин Н.Г. Теоретическое описание процесса смешивания кормов в барабанном смесителе // Сб. научных трудов Саратовского института механизации сельского хозяйства. – Саратов, 1978. – Вып. 123. - С. 35-40.
21. Савкевич Д.В. Классификация смесителей для твердых сыпучих порошкообразных материалов // Химическая промышленность. – 1953.- №10. – С. 33-34.
22. Домашенко Д.А. Типы смесителей для смешивания сухих сыпучих компонентов // Сб. Исследование по механизации и электрификации сельского хозяйства. – Киев: Урожай, 1968. – С. 199-204.
23. Иванов Г.Ф. Исследование процесса приготовления кормовых смесей крупному рогатому скоту: Автореф. дис. ... кандидата техн. наук. – Ленинград-Пушкин, 1977. – 26 с.
24. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973.-252с.
25. Каталымов А.В., Любартович В.А. Дозирование сыпучих и вязких материалов. - Л.: Химия, 1990. - 240с.

26. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Арутюнов С.Ю. Системный анализ процессов химической технологии. Процессы измельчения и смешения сыпучих материалов - М.: Наука, 1985. - 440с.

27. Зайцев А.И., Бытев Д.О. и др. Современные конструкции и основы расчета смесительных аппаратов с тонкослойным движением сыпучего материала. Вып.№7. - М.: Химфармпром, ЦБНТИ, 1984. -24с.

28. Гатулин З.Г. Новейшее оборудование для химической промышленности. Серия VII. - М.: ЦИНТИММАШ, 1962. - 131с. 22.Гениев Г.А. Вопросы динамики сыпучей среды. - М.: Стройизд., 1958. -

29. Заявка Великобритании № 2188247 МКИ В01 7/16 Узел дозирования и смешивания / П. Хейнинг. -1987.

30. Бахтюков В.А. Исследование механики движения сыпучего материала в аппаратах: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. -М.: МИХМ, 1970. - 16с.

31. Карамзин В.Д. Техника и применение вибрирующего слоя. - Киев: Наукова думка, 1977. - 239с.

32. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973.-752с.

33. Нейков Д.О., Логачев Н.М. Аспирация при производстве порошковых материалов. - М.: Металлургия, 1973. - 224с.

34. Ожгибцев В.М., Свиридов М.М. К вопросу приготовления смеси компонентов // Труды ТГТУ: Сб. научных статей молодых ученых и студентов / Тамб. гос. техн. ун-т., Тамбов, 1998. Вып. 2. - С.93.

35. Патент РФ № 94012645 МКИ В28 С5/20 Гравитационный смеситель / В.А. Кузьмичев, Е.А. Прозоров. - 1996.

36. Гравітаційний дозувально-змішувальний пристрій сипучих компонентів: пат №46543 UA Україна, МПК А23N 17/00, G01F 11/00 / Бойко Д.І. - u2009 07239; Заявл. 10.07.2009; Опубл. 25.12.2009, Бюл. №24.

37. Бойко Д.І. Гравітаційний дозувально-змішувальний пристрій / Бойко Д.І. // Матеріали міжнародного форуму молодіж «Молодежь и сельскохозяйственная техника в XXI веке».- Харьков: ХНТУСХ, 2010.- С. 49.

38. Бойко Д.І. Енергозбереження при змішуванні сипучих кормів / Бойко Д.І., Науменко О.А. // Матеріали VI-ої Міжнародної студентської науково-практичної конференції «Перспективна техніка і технології - 2010». - Миколаїв: МДАУ, 2010. - С. 138-142.

39. Гравітаційний дозувально-змішувальний пристрій сипучих компонентів: пат №53255 UA Україна, МПК A23N 17/00, G01F 11/00 / Бойко Д.І. - u201005233; Заявл. 29.04.2010; Опубл. 27.09.2010, Бюл. №18.