

УДК 636.085.55.4

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ СУМІШІ КОМПОНЕНТІВ КОМБІКОРМІВ

І.І.Дударев, В.М.Кіріяк

*Одеський державний аграрний університет*

*Оцінка якості процесу змішування компонентів комбікормів з метою визначення оптимальних режимів для виготовлення однорідного продукту різного рецептурного напрямку для практичних розрахунків процесу змішування може бути здійснена на основі закону дифузії.*

**Ключові слова:** суміш, однорідність, сегрегація, змішування, комбікорм.

**Вступ.** Основним напрямком подальшого розвитку підприємств комбікормової промисловості є рішення актуальних задач удосконалювання техніки і технології з метою подальшого підвищення рівня використання кормової сировини, поліпшення якості і розширення асортименту готової продукції. Основними технологічними операціями комбікормового виробництва є здрібнювання, класифікація, змішування й ущільнення сипкої фракції комбікормів. Кожна попередня операція технологічного процесу повинна створювати достатні передумови для оптимального виконання циклу наступних безперервно-потоківих операцій обробки сипучих компонентів. При виробленні повноцінних ущільнених комбікормів важливою стає задача забезпечення достатнього змішування компонентів перед їх гранулюванням і брикетуванням. Ущільнені комбікорми, унаслідок малої активної поверхні, піддаються меншій дії кісеню, у зв'язку з цим збільшуються терміни їх збереження, знижуються трудомісткість і втрати при транспортуванні. Сталість показників якості ущільненого комбікорму визначається групою факторів, найважливішими з яких є однорідність змішування компонентів у змішувачі періодичної або безупинної дії.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Існуюче різноманіття побудови технології на комбікормових заводах можна звести до трьох видів виробництва комбікормів: з роздільним підготовкою сировини, з попередньою підготуванням суміші близьких за фізичними властивостями сировини, з підготовки сировини в загальній суміші.

Технологією можуть бути передбачені лінії:

- зернової сировини; відділення плівок;
- теплової обробки зерна; борошнистого сировини;
- розсипного трав'яного борошна;
- кормових продуктів харчових виробництв;
- шротів;
- пресованої і кускової сировини;

- сировини мінерального походження;
- введення преміксів;
- дозування - змішування;
- підготовки рідких видів сировини;
- гранулювання
- введення рідких компонентів.

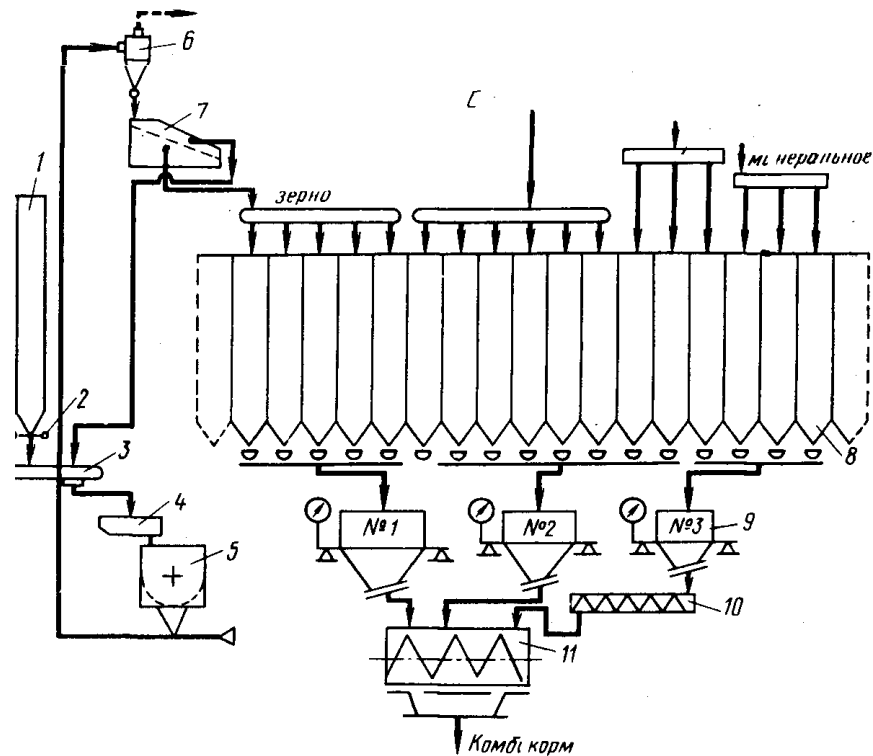
Поглиблену переробку зернової сировини доцільно передбачати на спеціально обладнаній лінії, яка працює автономно (з подачею готового продукту у ємність, силосного, бункерного типу). Автономна робота дає можливість більш ефективно використовувати обладнання в часі, тобто без змушеного простою, коли виробляються комбікорми для дорослих тварин і потреби в поглибленій переробці немає. Це дозволяє використовувати для ліній обладнання малої продуктивності.

Потужність комбікормових заводів з роздільною підготовкою сировини, при якій використовують один вузол дозування - змішування та один змішувач. Якщо таку схему застосувати для заводів великої потужності, то доведеться встановити і два вузла дозування - змішування і дві групи над дозаторних бункерів. Забезпечити завантаження подвійного числа бункерів з поетапних ліній підготовки сировини досить складно. Більш прогресивні комбікормові заводи, що включають у свою технологію створення попередніх сумішей, близьких за властивостями сировини, з подальшою їх підготовкою для отримання якісної готової продукції. Ця технологія це створення:

- попередньої суміші зернових і гранульованих видів сировини, їх очищення і подрібнення до необхідної крупності;
- попередніх сумішей трудно сипучих компонентів;
- попередньої суміші високобілкових видів сировини, трудно сипучих компонентів і преміксів.

Створення попередніх сумішей близьких за фізичними властивостями сировини дозволяє скоротити число транспортного обладнання, більш ефективно експлуатувати технологічне устаткування, вимагає невеликого числа над дозаторних бункерів малої місткості основної лінії дозування - змішування, так як вони заповнюються безперервно, немає необхідності перемикати подачу сумішей на різні бункера. Як показав виробничий досвід, дрібнення суміші зерна з контрольним просіюванням продуктів подрібнення має ряд переваг в порівнянні з дрібненням зерна окремих культур. Так, продуктивність дробарок збільшується до 30%, і немає потреби замінювати сита при зміні культури, зменшується доля витрат електроенергії. Подальше вдосконалення технології і впровадження сучасного устаткування, яке дає можливість створення попередніх сумішей за фізичними властивостями сировини, дозволяє створити заводи, що використовують порційний принцип. Близьку за фізичними властивостями сировину дозують, очищують від домішок, подрібнюють до необхідної крупності і спрямовують в змішувач основної лінії дозування - змішування, минаючи над дозаторні бункера і вагові дозатори. Для підвищення оперативності подачі сировини на дозування для зерна, гранул, шротів і борошністої сировини передбачені самостійні транспортні лінії. Причому зерно

подають двома паралельними лініями. Перед дозаторами встановлюють бункери з загальною місткістю, що відповідає добовому запасу.



**Рис. 1.** Технологічна схема виготовлення комбікормів. 1 силосний корпус; 2- засувка; 3- конвейер; 4- магнітний сепаратор ;5- дробарка; 6 – циклон; 7- просіювач; 8- бункера ; 9- дозатор; 10- шнек; 11-змішувач.

Така місткість дозволяє в процесі виробництва спеціалізувати силос за видами сировини, виключає можливість змішування компонентів і спрощує автоматизацію завантаження. Для визначення величини усереднених витрат користуються табличними даними згідно яких для виробництва комбікормів приймають такі значення додатків (у відсотках) :

Зернова	60
Борошніста	16
Шроти	11
Кормові від харчових виробництв	8
Мінеральні	2,5
Премікси	1

Одержання гомогенної структури полі компонентної суміші визначається необхідністю ліквідації локальних утворень деяких хімічно активних компонентів, антиоксидантів, антибіотиків, здатних у чистому виді викликати роздратування, хімічне травмування органів травлення тварин з утворенням виразок і опіків. Дозування й змішування є основними технологічними операціями при виробництві комбікормів. Вони багато в чому визначають якісні показники продукції й, як наслідок, ефективність

застосування комбікорму. Встановлено, що на умови і процес змішування істотний вплив робить наступна група факторів:

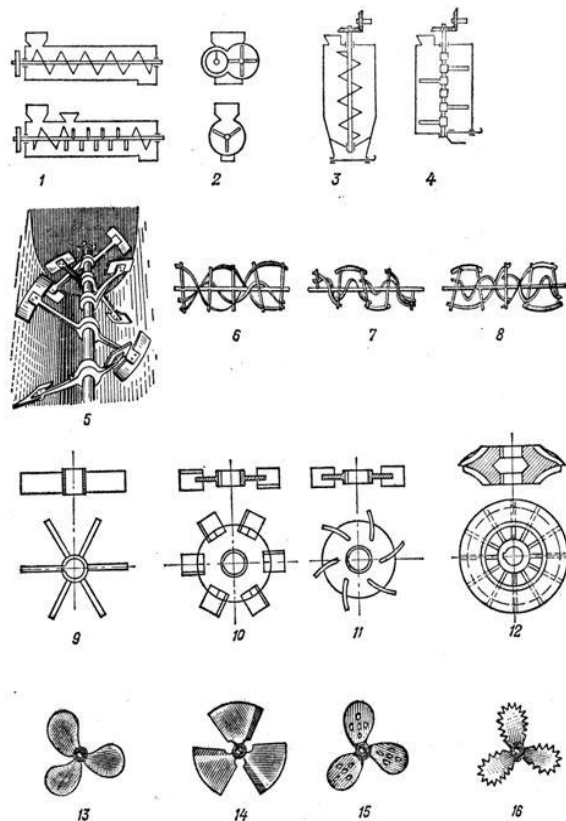
- фізичні властивості компонентів, що змішуються, що включають: регулярність геометричної форми частки, їх вирівненості співвідношення геометричних розмірів часток компонентів;
- фрикційні властивості, обумовлені коефіцієнтами зовнішнього і внутрішнього тертя; адгезійні і когезійні властивості часток; об'ємну масу в стані вільного ущільнення; скважність суміші компонентів;
- аеромеханічні властивості компонентів і суміші, що виявляються при їхньому транспортуванні в самопливних мережах;
- теплофізичні і термодинамічні властивості, вологість, міцність часток різного матеріалу і гранулометричному складу;
- співвідношення щільності часток у суміші, рівномірність здрібнювання компонентів яке характеризується оптимальним коефіцієнтом лінійного здрібнювання.

Обробка, підготовка сировини та кінцеве її змішування забезпечується за допомогою змішувачів, якість роботи яких залежить від конструктивних параметрів змішувачів, що включають:

- форму плоских і просторово-криволінійних робочих органів змішувача;
- лінійні та кругові розміри;
- співвідношення кроку робочих органів елементів;
- співвідношення радіальних і осьових зазорів робочої зони змішувача;
- коефіцієнту заповнення обсягу робочої камери змішування;
- стану поверхні, матеріалу робочих органів і камери змішування;
- кута атаки лопаток і підйому гвинтових площин і елементів робочих органів;
- кількості і варіанту розміщення робочих органів;
- конструкції живильного і випускного пристрою;
- умов і способу подачі матеріалу в робочу зону змішування

За конструктивними особливостями робочих органів застосовують **змішувачі** – шнекові, лопатеві, стрічкові, турбінні, пропелерні і лопатеві; (рис. 2). Доведено, що кінематичні параметри робочих органів і оброблюваної суміші впливають на:

- переносну, відносну й абсолютні швидкості і прискорення робочих органів, їхніх елементів і представницьких обсягів компонентів суміші, переміщуваних у радіальному й осьовому напрямках робочої зони безперервно-потокowego і періодично діючого змішувача в обсягах робочої зони апарата;
- швидкість перерозподілу часток дифузиею.



**Рис. 2.** Типи змішувальних органів: 1, 2, 3 – шнекові; 4, 5 – лопатеві; 6, 7, 8 – стрічкові; 9, 10, 11, 12 – турбінні; 13, 14, 15, 16 – пропелерні.

Силкові параметри включають:

- сили руху, обумовлені передачею тисків у сипучому середовищі, відцентровими силами при фрикційному зв'язку часток з робочими органами, масою часток, коріолісовою силою при гвинтових переміщеннях і циркуляціях потоків суміші;

- сили опору, обумовлені факторами зовнішнього і внутрішнього тертя матеріалу об рухливі і нерухомі робочі органи, силами опорів, що залежать від швидкості руху елементарних обсягів суміші для швидкодіючих змішувачів;

Різноманіття приведених параметрів, що впливають на процес змішування, визначає необхідність роздільного і комплексного вивчення їхнього впливу на процес змішування і його підготовку. Деякі з параметрів збурювання мають сталість значень і вносять у досліджуваний процес систематично постійну погрішність. Інші з них характеризуються значною змінюваністю в часі і можуть бути віднесені до випадкового.

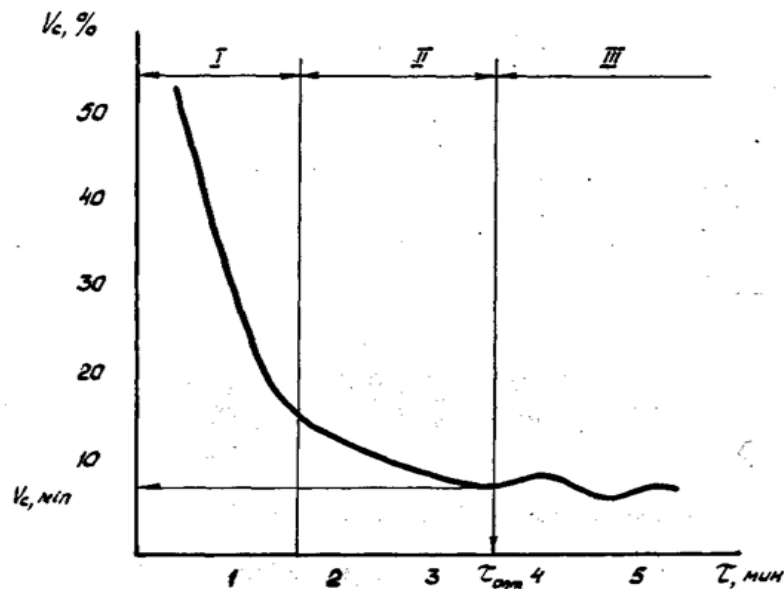
Для оцінки процесу змішування слід дотримуватися наступних показників:

якщо  $V_c$  менш 3% – якість суміші відмінна;

якщо  $3\% < V_c < 7\%$  – гарне;

якщо  $7\% < V_c < 15\%$  – задовільне;

якщо  $V_c > 15\%$  – погане.



**Рис. 3.** Залежність коефіцієнта варіації (неоднорідності) суміші від тривалості змішування: I – ділянка зсуву, конвективного змішування; II – ділянка дифузійного змішування; III – ділянка сегрегації.

Перевірити точність дозування, змішування по кожному компоненту можна, застосовуючи коефіцієнт варіації (неоднорідності)  $V_c$  (%), який розраховують по формулі:

$$V_c = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (1)$$

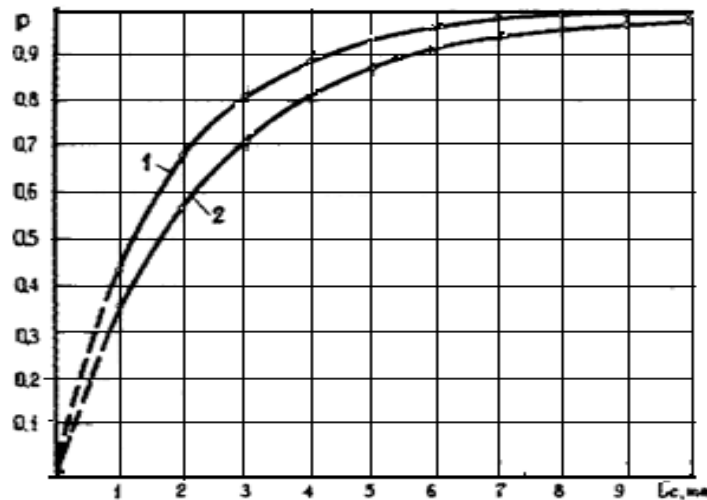
де  $V_c$  – коефіцієнт варіації;  $X_i$  – поточне значення, лічене безпосередньо зі шкали при зупинці стрілки;  $\bar{X}$  – середнє значення дози якого-небудь компонента;  $n$  – кількість висків або циклів, з яких зняті показання.  $n$  – не менш 10.

На основі принципу адитивності імовірносний комплексний вплив випадкових параметрів може привести до істотних сумарних кінцевих результатів. Кінцевим результатом досліджуваного процесу є зміна співвідношення компонентів у кожному з аналізованих елементарних обсягів, тому допускаємо, що процес змішування трансформується від ідеально сепарованої суміші до упорядковано - розподіленого стану. Практичну складність оцінки процесу змішування складає вибір достовірних і правомірних індикаторів, що вибірково визначають його гомогенність з достатньою для практики точністю. Індикатори, що обираються, (солі, окисли й ін.) найчастіше не визначають картини закінченості досліджуваного процесу, тому що змішувальність у компонентах сипучої суміші більше відбиває їхню власну здатність до рівномірності розподілу, тому вони є не прямими, а непрямими показниками. Вибір декількох індикаторів для аналізованого процесу приводить до одержання накладеної позиційної оцінки, що спотворює довірчий інтервал середнього значення однорідності

багатокомпонентної структури. Для однорідності структури, стосовно до практики процесу змішування багатокомпонентних систем, варто вводити числовий показник, що відбиває міру її однорідності, отриманої в результаті дії змішувача за визначений час. Потенційна здатність до прискорення процесу змішування в деяких випадках визначається мірою контрастності показників по зіставленню розмірів, форми, вологості, адгезійних властивостей і т.д. Аналіз робіт, що розглядають методи оцінки процесу змішування, дозволяє розділити їх на дві групи. До першої з них відносяться роботи з аналізу змішування, виконані на теоретичному підході, в основі якого використовується методологія опису дифузійних процесів, що включає як складову частину кінематику і динаміку робочих органів і компонентів, що змішуються, при аналізі роботи обраних конструкцій змішувачів періодичної і безупинної дії. До другої групи відносяться роботи, засновані на методах математичної статистики, з застосуванням для обробки результатів експериментальних досліджень процесу змішування в лабораторних і виробничих умовах.

**Мета досліджень.** Оцінка якості процесу змішування компонентів комбікормів з метою визначення оптимальних технологічних режимів для виготовлення однорідного продукту різного рецептурного напрямку.

**Результати досліджень.** Відповідно до рецептурного складу комбікормів, його компоненти зважувалися на технічних вагах і при загальній масі їх 1,0 кг піддавалися змішуванню в лабораторному роторно-лопатевому змішувачі періодичної дії. Технічні параметри змішувача характеризувалися частотою обертання ротора 36 об/хв, діаметр області обертання лопаток 0,1 м, довжина робочої зони змішувача 0,5 м, площа кожної чотирьох лопаток 0,05 м<sup>2</sup>, об'єм активної робочої зони змішування становив 0,01 м<sup>3</sup>. Необхідний час для отримання суміші з заданим коефіцієнтом однорідності, можна визначити користуючись таріровочною залежністю коефіцієнта однорідності суміші Р від часу змішування компонентів комбікормів (рис. 2). Величина коефіцієнта однорідності суміші оцінювалася коефіцієнтом варіації, залежним від концентрації сілі в пробах зразків з визначенням величини її концентрації в кожній пробі суміші кондуктометричним способом. Досвід виконаних змішувань дозволяє зробити висновок, що оптимальний кут нахилу робочих органів до горизонтальної площини не повинен перевищувати кута природного укусу. Експериментами було підтверджено, що суміш однакових часток має більшу стійкість до сегрегації в порівнянні з іншими за розмірами змішувальних компонентів. Виконаними дослідженнями було доведено, що збільшення загального обсягу матеріалу в робочій зоні змішувача приводить до збільшення коефіцієнта заповнення робочої зони, зниженню міри однорідності змішування, обумовленою зворотною пропорційною залежністю від нього. Порозумівається це гальмуванням процесу пересипання шарів матеріалу в робочому обсязі змішувача.



**Рис. 4.** Гаріровочна залежність коефіцієнта однорідності суміші Р від часу змішування компонентів комбікормів в лабораторному змішувачі періодичної дії (комбікорм 1 - К55-13/7, 2 – ПК1-18/31).

У змішувачах періодичної дії загальний технологічний процес характеризується періодичністю завантаження, обробки і вивантаження; потік продукту при перемішуванні переривається, збільшується імовірність повернення елементарних обсягів і їхніх часток у попередні зони з можливістю багаторазового проходження їх через ту саму зону. Загальним для усіх видів конструкцій змішувачів періодичної дії є наявність ємності, у яку завантажується продукт, робочих органів та приводного механізму. Привод робочих органів змішувача створює кінематичні і динамічні умови руху, при яких досягається вирівнювання концентрації всіх компонентів одночасно у всіх обсягах суміші. При сталому режимі змішувача безперервної дії підготовчий час дорівнює нулю, а для змішувача періодичної дії та у практичних умовах час повного циклу визначається з обліком усіх його складових (завантаження, змішування, розвантаження). Загальний аналіз якості змішування дозволяє зробити висновок, що необхідна однорідність змішування досягається скороченням часу непродуктивних складових циклу, що можливо при одночасному введенні компонентів у робочу зону змішувача (тому що для сипучих матеріалів у змішувачах періодичної дії коефіцієнт, що враховує частку всіх допоміжних витрат часу в загальному циклі роботи, досягає 0,3...0,5). Зниження кількості одночасно оброблюваної маси на 30...50 % дозволить забезпечити значне зменшення питомих енерговитрат на процес змішування. Додаткове зниження питомої електроенергії на процес змішування може бути досягнуто шляхом попереднього з'єднання живильних потоків з мінімально можливими перетинами, однак розробка таких конструкцій не доведена до промислового застосування. Для практичного оцінювання однорідності суміші двокомпонентного складу рекомендується застосовувати середньоквадратичне відхилення  $S^2$ , яке описується наступним виразом

$$S^2 = 2/\pi^2 \alpha^{-2\pi D t/\alpha} \cdot \sin^2 \pi P \quad (2)$$



де:  $D$  - коефіцієнт дифузії;  $\alpha$  - коефіцієнт враховуючий фізичні властивості компонентів суміші;  $t$  – час змішування;  $P$  - вірогідна величина однорідності змішування.

Досвідами підтверджується вплив значних розходжень геометричних розмірів часток суміші компонентів на показники змішуваності: чим більше ці розходження, тим гірше змішуваність. Пояснити це явище можна само сортуванням, при якому частки однакової щільності, але різні за лінійними розмірами, пошарово займають різне положення за аналогією з процесом просівання: дрібні накопичуються внизу, великі, що володіють більшою активною поверхнею, «спливають». Дія само сортування підтверджується також стосовно до часток однакових розмірів, але різних по щільності. Частки меншої щільності «спливають», більшої - опускаються вниз. Для практичних розрахунків процесу змішування на основі закону дифузії рекомендується вираження (3):

$$P = 1 - \alpha \cdot e^{-kt} \quad (3)$$

де:  $t$  — час змішування;  $P$  — вірогідна величина однорідності змішування;  $\alpha$  — коефіцієнт, що враховує фізичні властивості компонентів суміші.

Експериментами встановлено, що зі збільшенням кількості компонентів у суміші умови змішування для досягнення однорідності погіршуються після чого спостерігається сегрегація суміші. При однаковій зернистості компонентів між величиною параметра процесу змішування і співвідношенням обсягів двох компонентів існує лінійна залежність. Оптимальна по якості суміш оцінюється значенням  $kt = 3$ , а незадовільна —  $kt = 1,8$ . З огляду на, що для кожної конструкції змішувача при незмінних умовах змішування й однаковому змісті компонентів параметр змішування  $k$  буде постійним, за час  $t$  може бути отримана оптимальна по якості суміш.

**Висновки.** Дослідженнями встановлено, що відношення найбільшого по кількості компонента до всього обсягу суміші істотно впливає на однорідність змішування тільки на початку процесу. У цей момент потрібні великі витрати енергії, і досягнення однорідності змішування практично можна контролювати по стабільності показань амперметра. Після досягнення найбільшої однорідності суміші можливої є стадія сегрегації її компонентів. Якщо у верхніх шарах суміші спочатку виявляться компоненти більшої щільності, процес змішування буде відбуватися інтенсивніше, тому необхідний час для отримання суміші як наслідок роботи всієї технологічної лінії з заданим коефіцієнтом однорідності, можна визначити користуючись таріровочною залежністю коефіцієнта однорідності суміші  $P$  від часу змішування компонентів комбікормів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Голик М.Г., Карецкас Л.И. Стойкость рассыпных комбикормов при хранении. – Мукомольно-элеваторная пром-сть, 1968, 311, с 27.

2. Голик М.Г., Карецкас Л.И. Стойкость комбикормов при хранении в условиях различных сочетаний температур и влажности. – М.: ЦИНТИ Госкомзага, 1969. – 38 с. – (Хранение и переработка зерна, 1969, вып. 2).
3. Голик М.Г., Карецкас Л.И. Влияние способов хранения на качество комбикормов. – М.: ЦИНТИ Госкомзага, 1960. – 38 с. – (Хранение и переработка зерна, 1960, вып. 5).
4. Голосов А.И. К вопросу заданного распределения микроингредиентов в комбикорме. – В кн.: Тез. Докл. IX Всесоюз.конф. аспирантов. М., 1967, вып. IX, с. 358-363.
5. Демидов А.Р., Чирков С.А., Юрьева А.И. К определению гранулометрического состава мелкозернистых и порошкообразных продуктов. – Мукомольно-элеваторная пром-сть, 1969, №11, с. 27-30.
6. Братерский Ф.Д., Дударев И.И., Матвиенко М.А. Опыт применения экспрессных способов оценки содержания витаминов в комбикормах и БВД. – ЦНИИ комбикормовая промышленность. – М.: 1981, с. 3...4.
7. Дударев И.И., Братерский Ф.Д. Повышение эффективности смешивания компонентов комбикормов. – Обзорная информация. – М.: 1981, с.32...35.
8. Оцінка результатів зберігання сипучих комбикормів. //Аграрний вісник Причорномор'я: Зб.наукових праць / Одеський ДАУ. – Одеса: ОДАУ, 2001. ІУ19, с.77...82.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СМЕСИ КОМБИКОРМОВ**

Дударев И.И., Кирияк В.Н.

**Ключевые слова:** смесь, однородность, сегрегация, смешивание, комбикорм.

Резюме

*Оценка качества процесса смешивания комбикормов с целью определения оптимальных режимов для приготовления однородного продукта разного рецептурного направления для практических расчетов процесса смешивания может быть проведена на основе закона диффузии.*

## **FEATURES OF PROCESS OF MIXING AND SCORE QUALITIES OF MIXTURE OF THE MIXED FODDERS**

Dudarev I.I., Kirijak V.N.

**Key words:** mixture, homogeneity, segregation, mixing, mixed fodder.

Summary

*The estimation of quality of process of mixing of mixed fodders with the purpose of definition of optimum modes for preparation of a homogeneous product different recipe directions for practical calculations of process of mixing can be carried out the basis of the law of diffusion.*