

УДК 66.065

К.В. Луняка, В.В. Карманов, О.В. Літвіненко, С.А. Русанов

ДОСЛІДЖУВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ
ПРИ ПРИГОТУВАННІ КОМБІКОРМІВ

Отримання сумішей сипких матеріалів є у наш час актуальною задачею. Такі суміші широко використовуються у переробній, сільськогосподарській, будівельній та інших галузях промисловості. У статті розглядається отримання комбікормів на установці, яка включає змішувач та екструдер. На основі енергетичного та теплового балансу розраховані потужність нагрівальних елементів екструдеру, температура в зоні теплової обробки та потрібна кількість теплоти.

Вступ. У багатьох галузях народного господарства, у тому числі в переробній та сільськогосподарській промисловості, широко використовуються суміші твердих матеріалів, що потребує розробки ефективних змішувачів. Змішування твердих матеріалів вимагає отримання сумішей з комплексом потрібних властивостей при мінімумі економічних та енергетичних затрат. Оскільки потрібні властивості матеріалу закладені у його природі, то процес змішування треба будувати таким чином, щоб при отриманні однорідних сумішей максимально зберегти та проявити ці властивості.

До сумішей твердих сипких матеріалів пред'являються такі вимоги:

- створення рівномірного за вмістом продукту, який би зберігав свою однорідність тривалий час;
- збереження цінних якостей окремих компонентів.

Виконання цих вимог залежить від конструкції змішувача, яка визначається, в основному, фізико-механічними властивостями компонентів та необхідним ступенем однорідності суміші.

Машинобудування різних країн випускає кілька типів змішувачів для дисперсних матеріалів. Усі вони мають певну обмеженість у використанні. Так, у змішувачів періодичної дії можна змішувати тільки добре сипкі дисперсні матеріали з насипною густиною не більш за 1500 кг/м^3 в об'ємах від $0,1$ до 16 м^3 , а при додаванні у суміш невеликих кількостей рідини – до $6,3 \text{ м}^3$ за умови, що суміш залишається добре сипкою масою. Дисперсні матеріали з насипною густиною до 3000 кг/м^3 можна змішувати в об'ємі не вище за $0,63 \text{ м}^3$. У змішувачах безперервної дії можна змішувати тільки добре сипкі дисперсні матеріали за умови комплектування їх високоточними живильниками. При змішуванні компонентів з великою різницею їхнього вмісту в суміші (1:100, 1:1000, 1:10000 і більше), як це часто має місце при виготовленні комбікормів, у промисловості використовують змішувачі періодичної дії серійних типів, малопридатні для цієї мети. Неефективність цих змішувачів у даному випадку намагаються компенсувати значним збільшенням тривалості змішування (до 8-12 годин). Однак якість суміші при цьому залишається незадовільною.

У зв'язку зі сказаним вище дослідження процесу змішування складної суміші твердих матеріалів є актуальною задачею.

Мета роботи полягає у визначенні параметрів процесу змішування, при дотриманні яких можна отримати складну однорідну суміш твердих матеріалів.

Викладення основного матеріалу. У виробництві комбікормів широко використовується процес змішування інгредієнтів, що мають різні фізико-механічні властивості та входять у склад суміші в різних концентраціях. Так, наприклад, як корми для птиці рекомендують однорідні суміші подрібнених до необхідного розміру частинок біологічно активних речовин та наповнювачів – премікси [1]. Як наповнювачі використовують дроблену пшеницю, розсипний комбікорм дрібного помелу, шрот, кормові дріжджі. Розмір частинок наповнювача повинен не перевищувати $1,2 \text{ мм}$. Співвідношення маси наповнювача і вітамінів з антиоксидантами 10:1, тривалість перемішування премікса складає 10-15 хв. Частка введення преміксу у склад кормосуміші складає 0,5-1 %. Премікси, отримані у господарстві, як правило, довго не зберігають, а використовують протягом 2-3 днів, тому для постійного приготування таких сумішей господарство повинне мати ефективно діючі змішувачі. Для крупної рогатої худоби пропонують комбікорми, які включають велику кількість інгредієнтів, їхній склад наведено далі.

Внаслідок того, що до складу суміші входять компоненти, що відрізняються розмірами частинок та густиною, такі суміші здатні до сегрегації. У зв'язку з цим розробляються регламенти введення компонентів у змішувач. Так, у роботі [2] відмічається, що компоненти завантажують у змішувач послідовно, у порядку зростання їхньої схильності до сегрегації, завантаження компонентів здійснюється в зоні, максимально відділеній від центрів сегрегації. Дослідження, проведені нами на модельній суміші [3], показали, що при використанні змішувача з високою частотою обертання робочого органу ($12,5\text{-}50 \text{ с}^{-1}$) рівномірність розподілу компонентів досягається за короткий відрізок часу, що складає 10-15 с. Велика швидкість перемішування пояснюється утворенням киплячого шару сипкого матеріалу.

Переходячи у псевдозріджений стан, твердий зернистий матеріал набуває властивостей рідини, що сприяє швидкому змішуванню. При цьому сегрегації суміші не спостерігається, тому немає потреби у встановленні послідовності подачі компонентів, і вони можуть подаватися у змішувач одночасно. За час, потрібний для переміщення компонентів зверху, де вони подаються через завантажувальні люки, вниз, компоненти встигають перемішатись, тому одночасно відбувається вивантаження суміші через вивантажувальний люк, розташований у нижній частині змішувача, тобто процес змішування можна проводити безперервно.

Після виходу з апарату суміш піддається сегрегації, що є негативним явищем, оскільки розшарування суміші з утворенням шару, розташованого у нижній частині ємності (наприклад, на дні кормушки для тварин), що містить один з компонентів, може утворитися за той час, коли корми знаходяться у кормушках. З метою припинення сегрегації кормова суміш може бути оброблена у прес-екструдері [4]. При цьому можна отримати гранули, що складаються з різних компонентів і мають однаковий склад.

Окрім цього, екструзія використовується як найбільш ефективний і доступний спосіб теплової обробки. Оскільки при цій обробці продукт може втрачати до 50 % вологості, проведення екструзії дає можливість включати у склад комбікормів компонентів з високим вмістом води, наприклад, недорогих і високопоживних кормових трав. Проведення такої обробки дозволяє підвищити харчову цінність кормів і збільшити термін їх зберігання.

Для отримання комбікормів нами було використано дані, наведені в роботі [5]. Склад комбікормів такий (%): пшениця фуражна – 22, кукурудза – 15, ячмінь – 15, висівки пшеничні – 24, шрот соняшниковий – 10, трав'яна різка – 10, сіль кухонна – 1, крейда кормова – 2, премікси – 1.

Компоненти вводились у змішувач через верхню частину апарату одночасно. Відбір проб проводився у відповідності зі схемою, зображеною на рис. 1. Така схема зумовлена тим, що при даній конструкції робочої камери і при вибраному способі завантаження співвідношення компонентів у будь-якій точці горизонтальної площини залишається сталим і змінюється тільки по висоті.

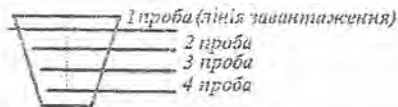


Рис. 1. Схема відбору проб суміші сипких матеріалів з робочої камери

Однорідність розподілу компонентів оцінювалась за вмістом трав'яної різки, яка подавалась у змішувач у вигляді частинок з розміром 5×5 мм, і за кухонною сіллю, вміст якої у суміші найменший. Вміст трав'яної різки визначали шляхом підрахунку частинок трави у кожній пробі, а вміст кухонної солі визначався так: наважку комбікорму (2 г), взятую з різних частинах змішувача, заливали 100 мл води, витримували при перемішуванні протягом 10 хв., відфільтровували, брали пробу 25 мл і титрували 0,01 н розчином AgNO_3 .

Таблиця 1

Зміна складу компонентів суміші ($\alpha_{\text{легк.}}$, %) у різних пробах у часі

Час, с	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	
Трав'яна різка											$\alpha_{\text{сум.}}$ *
Проба №	1	62	41	26	11	11	10	10	10	10	10,3
	2	0	5	7	11	10	10	11	10	10	10,1
	3	0	3	5	10	10	10	10	10	10	10,0
	4	0	2	4	9	10	9	10	11	9	9,7
$\alpha_{\text{ср.}}$ по усіх пробах											10,0
Кухонна сіль											
Проба №	1	70	25	7	1,1	1,0	1,05	0,98	0,95	0,97	0,99
	2	0	0,3	0,7	0,98	0,97	0,99	0,97	0,98	1,03	0,99
	3	0	0,2	0,5	0,99	0,95	1,05	1,00	1,03	1,04	1,01
	4	0	0,2	0,4	0,98	0,99	1,00	0,99	1,05	0,99	1,00
$\alpha_{\text{ср.}}$ по усіх пробах											1,00

* $\alpha_{\text{сум.}}$ визначали для рівноважного стану системи, який досягається, як це видно з рис. 2 і 3, після 20 с перемішування.

З метою запобігання сегрегації суміші її піддавали прес-екструзії. Для цього в бункер 1 прес-екструдера вводили вихідну суміш. З бункера, поступаючи у міжвитковий простір регульованого шнека, компоненти додатково перемішуються, спресовуються і нагнітаються у зону пластифікації 3, котра

постачена ззовні нагрівальними елементами, які створюють необхідну температуру за рахунок тепла, що підводиться Q . Слід також врахувати, що механічна енергія, яка передається від приводу шнека до матеріалу, частково перетворюється на теплову енергію за рахунок сил тертя між шнеком і матеріалом, що переміщується.

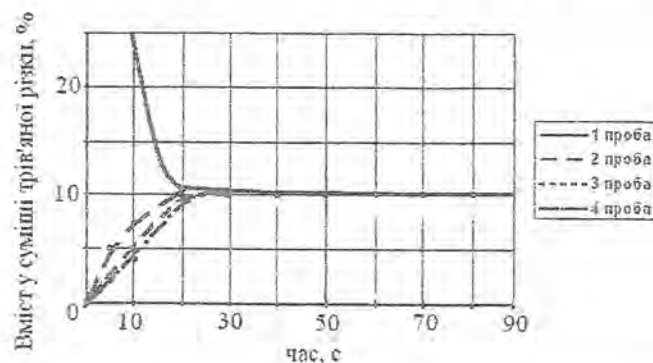


Рис. 2. Зміна вмісту трав'яної різки у суміші з часом перемішування (номери проб відповідають рис. 1)

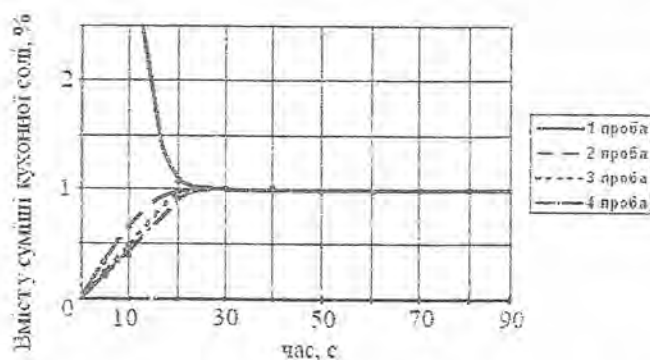


Рис. 3. Зміна вмісту кухонної солі у суміші з часом перемішування (номери проб відповідають рис. 1).

Ефективна робота процесів прес-екструдерів залежить від ступеня збалансованості енергетичних і теплових параметрів, що впливають на даний процес.

Енергетичний і тепловий баланс процесу сталого литва профілів схематично показані на рис. 4.

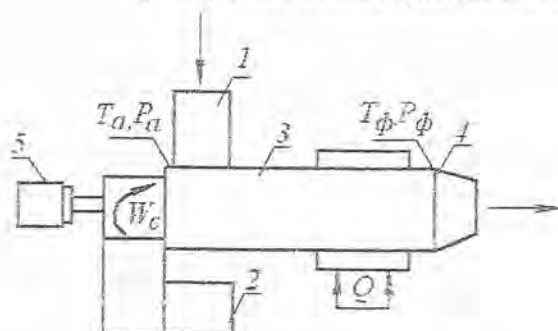


Рис. 4. Схема енергетичного і теплового балансу при сталому процесі екструзії кормової суміші:

1 – бункер; 2 – привод; 3 – гвинтовий прес-екструдер; 4 – формувальна головка;
5 – пневмо- або гідроциліндр для осьового переміщення валу шнека

Технологічний процес полягає у тому, що прес-екструдер 3 продавляє нагріту суміш через формувальну головку 4. При вході в екструдер 3 з бункера 1 температура матеріалу дорівнює T_a , а його тиск P_a . Переміщаючись у гвинтовому каналі прес-екструдера, компоненти перемішуються і під впливом температури з суміші видаляється зайва волога. При вході у формувальну головку 4 температура і тиск відповідно рівні $T_ф$ і $P_ф$.

Температура теплового балансу Q в прес-екструдері повинна забезпечувати стабільну температуру обробки.

Визначається енергетичний і тепловий баланс при даних характеристиках експериментальної установки. Для цього:

1. встановлюється необхідна швидкість теплопідведення;
2. визначається необхідна температура у формувальній головці.

На основі відомих законів теплотехніки і запропонованої методики розрахунку [4] для прийнятих параметрів обробки: потужність приводу (7,5 кВт), продуктивність 15 г/с, одержали:

- потужність теплообмінного пристрою (нагрівальних елементів) $W_c = 1,5 \cdot 10^5$ Дж/кг;
- температура в зоні підігріву 180-225°C;
- тиск $(1,2-1,5) \cdot 10^6$ Па;
- потрібна кількість теплоти $Q = 1,45$ кВт.

Вологість суміші після прес-екструзії складає 3-5 %, що дозволяє зберігати отриману суміш тривалий час.

Висновки. Запропонована схема установки для одержання комбікормів, яка складається зі змішувача і прес-екструдера. Показано, що запропонований змішувач забезпечує високу швидкість змішування складових комбікормів і високу однорідність суміші. Використання прес-екструдера після змішування дозволяє отримати стійкі суміші твердих матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Єресько В.А. Вплив біологічно активних речовин на ріст та яєчну продуктивність птиці кросса «Хайсек Браун». «Теорія і практика сучасного природознавства». Т 33. Збірник наукових праць. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – С. 30-31.
2. Селиванов Ю.Т., Першин В.Ф. Расчет и проектирование циркуляционных смесителей сыпучих материалов без внутренних перемешивающих устройств. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. – 120 с.
3. Луняка К.В., Литвиненко О.В., Русанов С.А. Проблемы исследования сыпучих материалов и пути их решения. Збірник наукових праць. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2007р. – С. 45-48.
4. Карманов В.В., Луняка К.В., Ключев О.І. Тепломассообменный и теплотехнический расчет пресс-экструдера с регулируемым винтовым рабочим органом // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 4. – С. 239-244.
5. Егоров Б.В., Гончаренко В.В., Хоренжий Н.В. Экструдированные комбикорма на основе люцерновой резки. Одесская национальная академия пищевых технологий. Кафедра технологии комбикормов. <http://extrufec.ck.ua/reports/rep-6.htm>.

ЛУНЯКА Клара Василівна – д.т.н., професор, завідувач кафедри обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– обладнання хімічних, переробних та харчових виробництв.

КАРМАНОВ Віктор Васильович – к.т.н., доцент кафедри екологія та безпека життєдіяльності Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– обладнання хімічних, переробних та харчових виробництв.

ЛІТВІНЕНКО Олексій Вікторович – викладач Армянського вищого професійного училища хімічної промисловості.

Наукові інтереси:

– обладнання хімічних, переробних та харчових виробництв.

РУСАНОВ Сергій Аркадійович – к.т.н., доцент кафедри обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– обладнання хімічних, переробних та харчових виробництв.