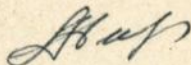


ОДЕСЬКИЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

АГІБВ Сергія Михайлович



ВПЛИВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА РЕЖИМІВ  
ПРЕС-ЕКСТРУДЕРА НА ПОКАЗНИКИ  
ЯКОСТІ ЗЕРНОВИХ КОМПОНЕНТІВ  
КОМБІКОРМІВ

Спеціальність 05.20.01. – Механізація сільськогосподарського  
виробництва

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченої ступені  
кандидата технічних наук

Одеса – 1993

631.171

ЛНБ ім. В. Стефаника



00330714 (1)

Дисертація є рукопис  
Робота виконана в Одеському  
та Херсонському індустріальному інституті

Науковий керівник

кандидат технічних наук, професор

Шмат К.І.

Офіційні опоненти

доктор технічних наук, професор

Нетьосов В.П.

доктор технічних наук, професор

Остапчук М.В.

Провідна установа: Херсонська обласна виробнича госпрозрахункова  
асоціація "Херсонкомбікори"

Захист відбудеться "22" січня 1998р.

о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради  
КІ20.91.01. при Одеському сільськогосподарському інституті  
адреса: 270039 м. Одеса, Свердлова 99, ауд. 250 н.к.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці  
Одеського сільськогосподарського інституту

Автореферат розісланий

"6" грудня 1993р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради  
кандидат технічних наук, професор

К.І. Шмат

Актуальність проблеми. Одним із завдань кормопідготовчої промисловості і механізації галузі тваринництва є вдосконалення методів і процесів підготовки зернової сировини до згодовування шляхом застосування принципово нових технологій, розширення можливостей технологічного устаткування, зниження втрат, поліпшення поживних якостей готової продукції. Особливо високі вигоди постають до зменшення енерговитрат, теплових втрат, зниження потужності і металомісткості устаткування, його універсальності.

Частка зернових продуктів і макухи в комбікормах становить близько 90%. Споживання зернових на корм сягає 31% від загального їх світового виробництва. У зв'язку з цим виникає потреба більш ефективного використання зерна в технології годівлі. Широко застосовуються різні методи теплової й вологотеплової обробки зернової сировини, яку готують до згодовування маючи на меті підвищення поживної цінності та засвоєваності. Набуває дедалі ширшого застосування обробка зернової сировини на різних видах прес-екструдерів, яка не лише поліпшує товарний вигляд і транспортні властивості кінцевого продукту, а й значно підвищує його поживні якості. Проте сучасний рівень знань про механізм процесу екструзії не дає змоги аналітично визначити кількісні зв'язки між режимами й робочими параметрами екструдера та якістю готового продукту.

З огляду на це встановлення залежностей зміни поживної цінності, фізико-механічних властивостей і збереженості зернових компонентів комбікормів від робочих параметрів і технологічних режимів прес-екструдера під час підготовки компонентів до введення в комбікорми та вдосконалення на цій основі конструкції прес-екструдерів є актуальним.

Мета і завдання дослідження. Дана робота ставить собі за мету визначити вплив характерних для вологотеплової обробки технологічних режимів, робочих органів екструдера на основні показники якості кормів, створення, випробування і впровадження нових, ефективніших прес-екструдерів.

Щоб досягти цієї мети, робота має розв'язати завдання:

- 1/ виявити та обґрунтувати основні фактори, що впливають на показники якості в процесі екструзії;
- 2/ визначити математичні залежності між основними параметрами робочих органів і режимами екструзії;
- 3/ визначити вплив режимів екструзії на біохімічний комплекс і фізико-механічні властивості зернової сировини;
- 4/ розробити й випробувати новий тип прес-екструдера для вологотеплової обробки зернових компонентів комбікормів та визначити режим цієї обробки.

методика досліджень. У них застосовувались як теоретичні, так і практичні методи. Теоретичні полягали в аналізі руху матеріалу в шнекових пресах, щоб виявити фактори, які впливають на якість процесу екструзії та з'ясувати аналітичні залежності, що описують вплив робочих органів на основні технологічні показники. Експериментальні, виконано на установці, що є фізичною моделлю прес-екструдера.

Практична цінність роботи полягає в створенні дослідньо-промислових установок з використанням винаходів /А.С. №354300, А.С. №123628/. Розроблено схему технологічного процесу екструзії зернових компонентів комбікормів. Запропоновано основні технологічні режими вологотеплової обробки із застосуванням прес-екструдера, що підвищують поживну цінність зернових компонентів комбікормів на 9-11%.

Апробація роботи. Основні положення й результати дисер-

таційної роботи, були предметом доповідей на:

- науково-технічній конференції "Молодь Херсонщини - 200-я рідного міста" /Херсон, 1978/;
- всесоюзному семінарі "Вдосконалення технології і конструкції текстильних електронагрівачів" /Київ, 1980/;
- республіканській науково-технічній конференції "Проблеми конструювання й технології виробництва сільськогосподарських машин" /Кіровоград, 1984/;
- республіканській науково-методичній конференції вузів України і Молдавії /Херсон, 1985/;
- науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Херсонського індустріального інституту /Херсон, 1983-1993/;
- республіканській конференції "Біотехнологія виробництва кормового зілка, екологічно чистих препаратів, що підвищують врожайність, преміксів, ферментів і вітамінів кормового призначення" /Дніпропетровськ, 1990/.

Особистий внесок дисертанта полягає в створенні експериментальної установки для визначення впливу параметрів робочих органів і режимів на процес вологотеплової обробки та зміни в зерні, експериментальні дослідження й аналіз результатів. Визначення аналітичних залежностей розподілу температурно-вологісних полів, швидкості переміщення зернової маси в робочих зонах від зміни робочих параметрів пресуючого шнека; визначення структури математичної моделі прес-екструдера; участь у розробці назви конструкційних розв'язків під час створення дослідньо-промислових установок, їх патентний захист, проведення промислового експерименту.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 14 праць у періодичних виданнях /серед них 3 авторських свідоцтва/.

На захист вносяться:

- експериментально уточнені залежності впливу режимних па-

раметрів прес-екструдера на біохімічний комплекс та фізико-механічні властивості зернових компонентів комбікормів;

- аналітична залежність впливу робочих органів на швидкість переміщення зернової маси в робочих зонах прес-екструдера,

- аналітична залежність розподілу температурно-вологісних полів по робочих зонах прес-екструдера,

- здобуті в умовах виробничого експерименту результати згодовування продуктів, які пройшли вологотеплову обробку на пропонуваному прес-екструдері.

Вірогідність результатів забезпечена коректністю допущень під час аналітичного обґрунтування процесу екструзії, застосуванням сучасних приладів і задовільним збігом розрахункових характеристик з виробничими випробуваннями створеного за результатами даної роботи прес-екструдера.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти глав, висновків та рекомендацій, списку використаної літератури зі 179 найменувань і додатків. Вона має 160 сторінок машинописного тексту, 29 ілюстрацій, 37 таблиць і додатків на 14 сторінках.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі показано, що широке застосування обробки зерна на прес-екструдерах для підвищення його поживності й засвоюваності є дуже важливим засобом зниження витрат на виробництво кормів і підвищення їх якості.

Перша глава містить характеристику існуючих методів теплової і вологотеплової обробки зернових компонентів комбікормів з використанням різного виду теплової та механічної дії на зерно. Показує вплив цих методів на біохімічний комплекс зернової сировини, наводить порівняльні характеристики

вітчизняних і закордонних прес-екструдерів.

Дано оцінку застосованим методам теплової і вологотеплової обробки. Проаналізовано стан досліджень за основними технологічними режимами теплової обробки. Відзначено, що практично впливу режимів екструзії на біохімічний комплекс і фізико-механічні властивості зерна за різних режимів екструзії ще не вивчено, аналітичних залежностей основних параметрів робочих органів і даних про оптимальні режими екструзії зерна з високим вмістом крохмалю ще не висвітлено.

Сформульовано завдання дослідження.

У другій главі викладено результати теоретичного дослідження руху матеріалу в робочих зонах прес-екструдера, визначено математичну модель екструдера на основні фізичної моделі, виготовленої із забезпеченням гідродинамічної, теплової й масообмінної та фізико-хімічної подібності.

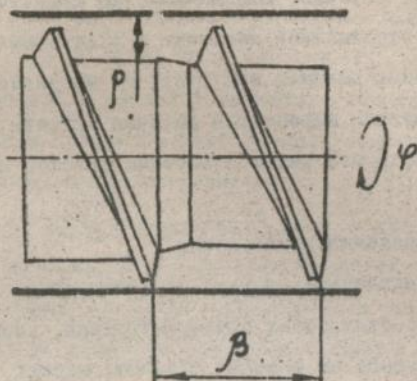
Структуру математичної моделі визначено за критерієм Пекле. Здобуте для кривої розподілу значення критерію Пекле свідчить про те, що екструдер відповідає проміжковій моделі між ідеальним переміщенням та ідеальним витісненням.

Для здобуття оптимальних робочих параметрів уперше зроблено спробу створити математичну модель, адекватну фізичному процесові. Застосовуючи метод Гіббса-Аппеля складення рівняння руху маси в екструдері можна значно спростити, якщо ввести нову динамічну функцію енергії прискорень, які в цілому мають вигляд

$$2S = m.W^2 + [jE^2 + m\omega^4]$$

Оскільки переміщувана маса, геометричні параметри і швидкість осертання шнека в загальному випадку величинами з зміними, то рівняння кінематичного зв'язку, що списує швидкість руху частинок у різних зонах екструдера запишеться у вигляді

$$V^2 - \varphi^2 (\beta^2 + \rho^2) = 0$$



Мал. 1. Схема розташування змінних величин у робочому шнеку прес-екструдера.

Рівняння енергії прискорень без урахування складного руху частинок у розглянутій зоні запишеться:

$$2S = J + m(\beta^2 + \rho^2)(\dot{\varphi}^2 + 2m\ddot{\varphi}\dot{\varphi})/(\beta\dot{\beta} + \rho\dot{\rho})$$

Рівняння динаміки в загальному вигляді

$$\frac{\partial S}{\partial \varphi_i} = Q_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Узагальнені сили визначено з урахуванням рівняння кінематики

$$Q = M - P\sqrt{\beta^2 + \rho^2}$$

Підставляючи дані ртєння у ртєння Гіббса-Аппеда,

матимемо

$$\frac{1}{2} \dot{J} + m(\beta^2 + \rho^2) \dot{\varphi} + m\dot{\varphi}(\beta\dot{\beta} + \rho\dot{\rho}) = M - \rho V \sqrt{\beta^2 + \rho^2}$$

Із загального рівняння можна визначити ступінь стиснення переміщуваної маси в різних зонах екструдера, швидкість переміщення маси залежно від технологічних режимів обробки.

Для розв'язання оптимізаційних завдань і добору найоптимальнішої конструкції екструдера дане рівняння може бути записаним для різних геометричних параметрів шнека для випадку змінного кроку по умовній спіралі Архімеда

$$V = \omega \dot{\varphi} \sqrt{r + \dot{\varphi}^2}$$

для випадку змінного кроку по гіперболічній спіралі

$$V = \omega \dot{\varphi} \sqrt{r + \frac{r^2}{\dot{\varphi}^2}}$$

для випадку змінного кроку по логарифмічній спіралі

$$V = \omega \dot{\varphi} \sqrt{r + e^{2k\dot{\varphi}}}$$

$\varphi$  - кут нахилу шнека.

Розв'язано завдання оптимального розміщення температурно-вологісних полів і потрібної кількості нагрівальних елементів у робочих зонах екструдера. Дослідження йшли на лабораторній установці, що забезпечувала критерії подібності. Зони нагрівання ділились, відповідно, на 7 і 5, в яких фіксувались значення  $T^{\circ}C$  і  $Q$ . Дослідження показали, що для підтримання рівномірного температурно-вологісного поля в зоні основного нагрівання треба встановити два датчики температури і один нагрівальний елемент, а в зоні попереднього нагрівання два датчики температури і три локальних нагрівальних елементи.

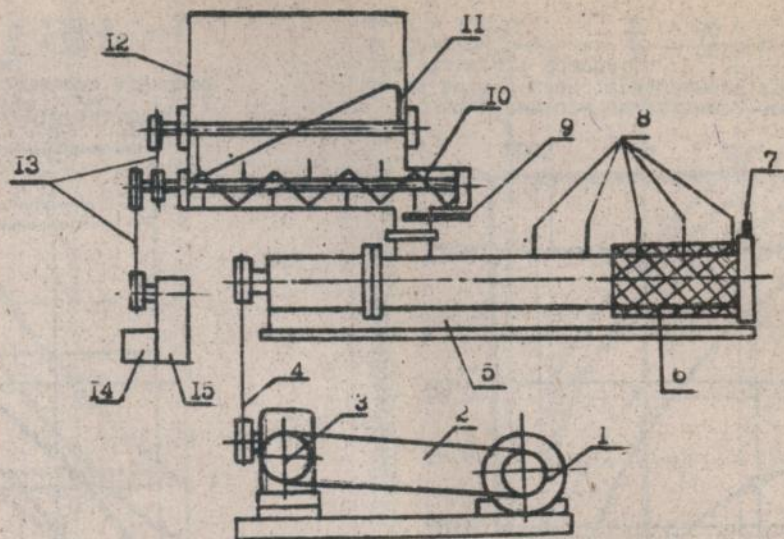
У третій главі обґрунтовано вибір об'єкту дослідження

Запропоновано технологічну ліній вологотеплової обробки зернової сировини. Визначено програму досліджень, до якої увійшло визначення ступеня деструкції зерен крохмалю і їх клейстеризації, змін у білково-вітамінному комплексі, амінокислотному складі, вуглеводному комплексі залежно від технологічних параметрів та режимів прес-екструдера.

Вплив кута нахилу робочих витків шнека, часу обробки, температури в зоні видавлювання, кількості вводжуваної вологи, тиску в зоні видавлювання.

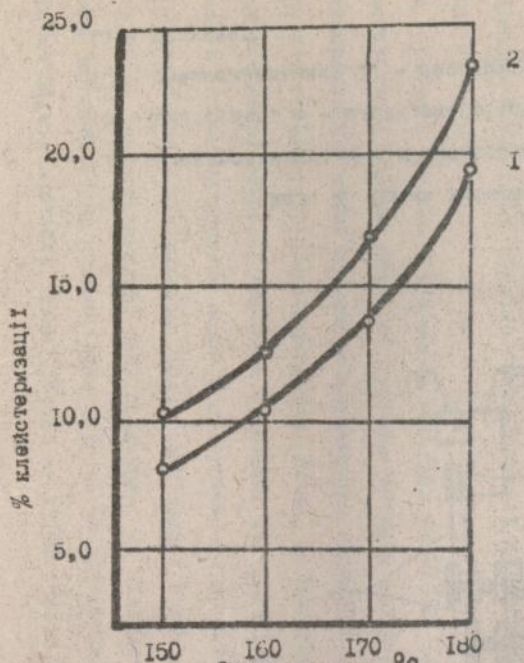
Подано опис експериментальної установки /мал. 2/, приладів, засобів вимірювання, високостабільного джерела живлення і застосованих методик визначення основних показників екструдованого продукту. Визначено основні чинники, що впливали на технологічний процес екструзії.

У четвертій главі наведено експериментальні дані впливу основних технологічних параметрів на вуглеводний комплекс зернової сировини, що показують: при зміні тривалості обробки  $\tau$  тиску  $P$  і кількості вводжуваної вологи  $Q$ , температури  $T^\circ$  в діапазоні 150–190°C ступінь клейстеризації крохмалю збільшується на 54,1% і загальний вміст цукрів та декстринів в обробленому продукті зростає порівняно з вихідним на 49–54% /мал. 3,4/. Вологотеплова обробка зернової сировини методом екструзії сприяє цілеспрямованій зміні структура крохмальних зерен, що підвищує міру підготовленості до згодовування. Зміни, що проходять у білковому комплексі зернової сировини в процесі екструзії, відбуваються в основному завдяки водо- і солерозчинним фракціям білка, що зазнають змін під впливом тепла і пов'язаних з ним явищем денатурації. Експериментальні дані показують, що кількість неаміних амінокислот не меншає, вони істотно не змінюються, а коефіцієнт перетравленості білка зростає на 21,8%. Вміст токсичних



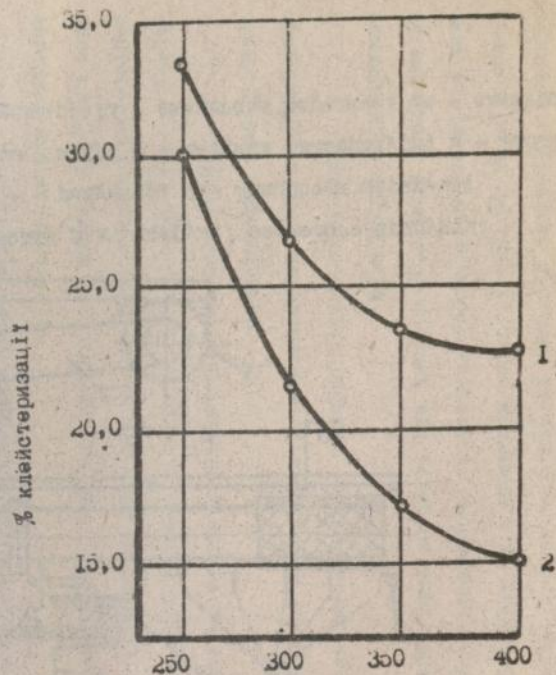
Мал. 2. Схема лабораторної установки для екструзії зернового продукту:

- 1 - електродвигун; 2 - клинопасова передача; 3 - редуктор; 4 - ланцюгова передача;  
 5 - екструдер; 6 - електронагрівачі; 7 - датчик тиску; 8 - датчики температури; 9 - заслінка;  
 10 - шнек-живильник; 11 - перетрушувач; 12 - сункер; 13 - ланцюгова передача; 14 - електродвигун;  
 15 - редуктор.



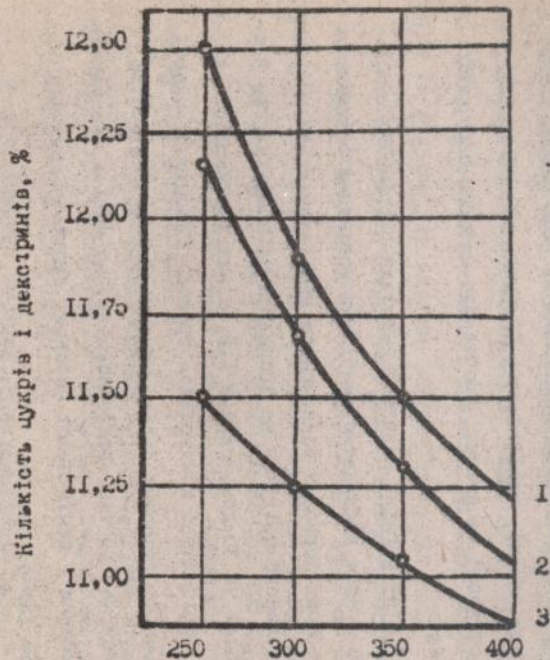
Зміна вмісту клейстеризованого крохмалю залежно від температури:

1 - пропарена;  $\tau = 85$  с;  
 2  $\alpha = 300$  л/т;  $\tau = 85$  с.



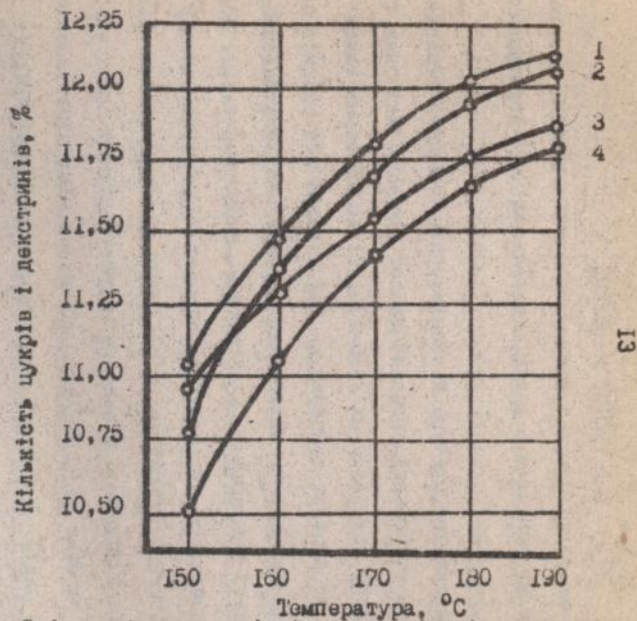
Зміна вмісту клейстеризованого крохмалю залежно від кількості води:

1. T = 180°C ;  $\tau = 70$  с ;  
 2. T = 160°C ;  $\tau = 60$  с .



Кількість вводуваної води л/т  
 Зміна вмісту цукрів і декстринів від кількості  
 води:

1 - T = 180°C;	τ = 85 с;
2 - T = 180°C;	τ = 70 с;
3 - T = 150°C;	τ = 70 с.



Зміна вмісту цукрів і декстринів від температури

1 - Q = 300 л/т;	τ = 85 с;
2 - Q = 350 л/т;	τ = 85 с;
3 - пропарена ;	τ = 85 с;
4 - Q = 350 л/т;	τ = 80 с.

Мал. 4

речовин, зокрема, інгібітора трипсину в зерні сої після вологотеплової обробки меншає в 5 разів, що теж поліпшує перетравлюваність.

Висока температура й тиск за умов значного зволоження викликають у зерновій сировині окисні процеси, які знижують у ній вміст жиру приблизно на 35,6–37%. Вітаміни зерна також дуже чутливі до високих температур. Тож залежно від режимів обробки йд. зниження вмісту вітамінів, причому найпіддатливішим впливові високої температури є вітамін А. Експериментальні дослідження показали, що після вологотеплової обробки, а також у процесі зберігання, мікрофлора обробленого продукту значно відрізняється від вихідного: кількість мікроорганізмів зменшується в 3–15 разів залежно від продукту, кількість мікроміцетів меншає в 300–400 разів. У процесі зберігання оброблений продукт менше піддається взаємовпливові мікроорганізмів і грибкових, аніж необроблений. Фізико-механічні властивості обробленого продукту значно поліпшуються порівняно з необробленим. Так, середній розмір частинок зменшується приблизно на 40%, прохід сита 5мм збільшується вдвічі, коефіцієнт ущільнення на 30% вищий, сорочійні властивості продукту, обробленого методом екструзії, теж значно кращі.

У п'ятій главі наведено наслідки виробничих випробувань, подано зразки дослідно-промислових установок і технологічних схем обробки зернових компонентів комбікормів. Результати перевірки виробленого продукту на згодовування показали, що приріст ваги порослят на 35 день сягнув 11%, а витрата кормів була на 15% меншою порівняно з контрольною групою. Розрахунок економічної ефективності стосовно заводу продуктивність 325 тонн на добу і комплексу на 108 тис. голів показав, що навіть 50% кормів оброблених описаним у даній праці методом, дають економічний ефект, що сягає 136732 кро.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень, що забезпечують виконання поставлених завдань, зроблено такі висновки:

1. Під час обробки в прес-екструдері змінюються біохімічні, фізико-механічні й структурні властивості зернової сировини.

1.1. Визначено, що ступінь декстринізації крохмалю переважає в прямій залежності від режимів вологотеплової обробки.

1.2. Обробка зернової сировини й комбікормів за досліджених режимів вологотеплової обробки практично не викликає зміни загальної кількості білків. Проте значне зниження відбуваються у водорозчинній фракції білка: для пшениці - 55%, для кукурудзи - 40% і комбікорму - 31,5%.

При цьому вміст спирторозчинної фракції зникається незначно, а лугорозчинної не змінюється зовсім.

1.3. Обробка здрібненого зерна пшениці визиває деякі зміни кількості незаміних амінокислот. Ці зміни обумовлюють підвищення переварювання білків пшениці на 21,8%.

1.4. Обробка в прес-екструдері призводить до зменшення вмісту жиру в зерновій сировині й комбікормі в середньому на 35-37%. Зменшується також вміст вітамінів: вітаміну  $B_2$  /рибофлавіну/ на 25%, вітаміну  $B_3$  /пантотенової кислоти/ на 40%, вітаміну А на 54% -через їх розклад під впливом високої температури.

1.5. Обробка в прес-екструдері має згубний вплив на мікрофлору зернової сировини. За заданих режимів обробки рештки мікроорганізмів становлять 0,01-0,5% від вихідної кількості.

2. Аналіз математичної моделі свідчить про те, що прес-екструдер відповідає проміжковій моделі між ідеальним зитісненням та ідеальним перемішуванням.

3. Для розв'язання оптимізаційних завдань руху матеріалу й вибору оптимальної конструкції екструдера запропоновано для різних геометричних параметрів шнека.

4. Дослідження температурно-вологісних полів дали змогу

розв'язати завдання щодо розміщення нагрівальних елементів і датчиків температури на корпусі прес-екструдера.

Експериментальні дослідження й перевірка в промислових умовах показали, що вологотеплова обробка є ефективним методом підвищення поживної ціності та засвоєваності кормових засобів і комбікормів.

5. Використання обробленої на прес-екструдері кукурудзи в раціонах поросят-сисунків і поросят відлучених од маток, веде до приросту живої маси на 15% при зниженні витрат корму на одиницю приросту ваги на 11,6%. Економія від зменшення витрат корму в свилярському комплексі на 108 тис. голів сягає 148527 крб на рік у цінах 1985р.

На основі матеріалів даної дисертаційної роботи можна рекомендувати промисловості технологічну схему процесу вологотеплової обробки зернової сировини і комбікормів.

Випробувано дві дослідно-промислові установки на Лошаицькому й Бериславському комбікормових заводах, одержано 3 авторських свідоцтва.

Основні положення дисертації викладено в роботах:

1. Агеев С.М. Экструдер для тепловой обработки кормов методом "сухой" экструзии. Информ. листок Херсонского ЦНТИ УкрНИИТИ Госплана Украины сер. 35, №9-80, 1980.

2. Агеев С.М. Высокостабильный источник питания для экструдера. Товароведение пищевых продуктов. Межвузовский сб. научных тр. Московский ордена Трудового Красного Знамени институт народного хозяйства им. Г.В.Плеханова. М. 1980 - 104с., С.96 -97.

3. Шмат К.И., Агеев С.М. и др. Определение структуры математической модели экструдера. Товароведение пищевых продуктов. Межвузовский сб. науч. тр. Московский Орден Трудового Красного Знамени институт народного хозяйства им. Г.В.Плеханова. М 1980-... С. 101 - 104.

4. Агеев С.М. и др. Исследование температурно-влажностных полей при экструзии различных материалов. "Техника". Респ. меж. научн. технич. сб. Конструирование и технология производства с/х машин. К. №11, 1981 -С.36.

5. Шмат К.И., Агеев С.М., Карманов В.В. Установка для термической обработки кормов. // Информ. листок Херсонского ЦНТИ УкрНИИТИ Госплана УССР. -Сер. 35. №45-83.-1984.

6. Шмат К.И., Агеев С.М., Карманов В.В. Технологическая линия термической обработки зернов. х компонентов комбикормов //Информ. листок Херсонского ЦНТИ УкрНИИТИ Госплана УССР.35, №45-83. - 1983.

7. Шмат К.И., Агеев С.М. и др. Машины для термической обработки исходного сырья.// Проспект ВДНХ УССР, 1982.-С.1-4.

8. Шмат К.И., Агеев С.М. и др. Установка для тепловой обработки зерновых компонентов комбикормов.// М.ВУ "Агрпромиздат" Ж. "Кормопроизводство". 1986.-№12.-С. 8-10.

9. Устройство для обработки кормов. А.с.1123626 СССР: А23 №17/00/ Шмат К.И., Агеев С.М. и др. Херсонский индустриальный институт /СССР/- № 3624611/30-15 Заявл. 22.07.83; Опубл.15.11.84. Бюл. №42.

10. Устройство для электротермической обработки кормов А.с. 1155237 СССР. А23 № 17/00. Шмат К.И., Агеев С.М. и др. Херсонский индустриальный институт №3675606/30-15. Заявл. 21.12.83. Опубл. 15.06.85. Бюл. № 16.

11. Устройство для переработки пластических смесей А.с. 364360 СССР : А23 №17/00 Херсонский индустриальный институт № 2881700/30-15. Заявл. 11.02.80; Опубл. 25.08.81. Бюл. №30.

12. Агеев С.М., повстаной М.В. Влияние режимов ВТО на качественный и количественный состав микрофлоры. // Тезисы докладов республиканской конференции "Биотехнология получения кормового белка, экологически чистых препаратов, премиксов, ферментов и ви-

таминов кормового назначения. - Днепропетровск. - 1990. - С. 87-89.

13. Агеев С.М. Анализ существующих шнековых для переработки зерновых компонентов комбикормов. // Тезисы докладов научной конференции "Вклад Херсонского индустриального института в подготовку кадров и развитие техники и технологий отраслей народного хозяйства" посвященной 10-летию института. Херсон. - 1991. - С. 127.

14. Агеев С.М. Динамика перемещения массы в рабочих зонах экструдера. // Тезисы докладов научной конференции "Вклад Херсонского индустриального института в подготовку кадров и развитие техники и технологий отраслей народного хозяйства" посвященной 10-летию института. Херсон. - 1991. - С. 128.

Подп. к печ. 12.11.93 Формат 60 x 84<sup>1</sup>/16  
Объем 1, с п.л. Зак. 234 Тир. 100Р-т ОСХИ

244503

AB 28.778

**AB 28.778**