

## СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ТЕПЛОВОЇ І МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ НА КОРМ

*Солона Олена Василівна к.т.н., доцент*

*Котов Борис Іванович д.т.н., професор*

*Спирін Анатолій Володимирович к.т.н., доцент*

*Вінницький національний аграрний університет*

*Калініченко Роман Андрійович к.т.н., доцент*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Solona E.**

**Kotov B.**

**Spirin A.**

*Vinnitsa National Agrarian University*

**Kalinichenko R.**

*National Agriculture University of Ukraine*

**Анотація:** розглянуті традиційні технології переробки зернової продукції для виробництва комбікормів. Запропоновано використовувати інфрачервоне випромінювання (ІЧВ) та вібраційні млини для підвищення енергоефективності та якості готової продукції.

**Ключові слова:** зерно, подрібнення, інфрачервоне опромінення, вібраційний млин.

### **Сутність проблеми**

Зернова сировина становить більшу частину складу комбікормів. Тому, проблема ефективності використання зерна в годуванні сільськогосподарських тварин і птиці є досить актуальною. Кормова цінність зерна залежить від вмісту поживних речовин і токсинів, санітарного стану збіжжя. Поживна цінність комбікормів значною мірою залежить від якості підготовки фуражного зерна до згодовування.

Традиційною технологією переробки зернової сировини в комбікормові інгредієнти передбачено застосування пари для волого-теплової обробки, витримка в термоізоляційній ємкості, плющення на гладких вальцях, подрібнення отриманих пластівців в молотковій дробарці. Така технологія характеризується високими енергетичними затратами і матеріалоемністю, які зумовлені багатоопераційністю технологічного процесу (велика кількість обладнання, що знижує надійність всього процесу, завищена матеріалоемність лінії переробки, відносно низька продуктивність), що суттєво збільшує вартість готового продукту.

Особливе місце в новітніх технологіях переробки зернових і олійних культур належить мікронізації зерна – опромінення шару зернового матеріалу інтенсивним інфрачервоним випромінюванням (ІЧВ). Використання ІЧВ дозволяє забезпечити суміщення в одному процесі операцій вологовидалення (зневоднення зерна), знезаражування збіжжя, змінення фізико-механічної структури, в напрямку зменшення міцності зернівок, що дозволяє зменшити затрати енергії на її подрібнення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує наявність широкого кола способів і технічних засобів переробки зернової сировини (в тому числі і сої) на високоякісні інгредієнти комбікормів, шляхом зміни біохімічних, фізико-механічних властивостей і бактеріологічних параметрів зернових матеріалів, що суттєво для його наступної обробки і вторинного руйнування для покращення поживних якостей і засвоєння тваринами [1, 2, 10].

Аналіз впливу різних видів тепловологої обробки (сушіння, жаріння, мікронізація екструдуювання, варка) при виробництві комбікормів подано в роботах [2,3]. Визначено ефективність “сухих” способів теплової обробки зерна – суттєвий ступінь декстринізації крохмалю, збільшення кількості вільних цукрів, денатурація білків, збільшення об’єму і корисності. Також відмічені можливості інактивації антипоживних речовин в сої при високотемпературній мікронізації – отримано суттєве зниження активності уреаз, в порівнянні з іншими методами обробки при збільшенні швидкості нагрівання. Важливість і ефективність технологічних операцій подрібнення зернової сировини для підвищення якості комбікормів, їх споживної цінності обґрунтовано в роботах [10, 11]. При цьому відзначаються високі енергетичні затрати на процес подрібнення існуючими (молотильними і штифтовими) дробарками і необхідність пошуку резервів скорочення питомих витрат електроенергії.

Разом з тим, наявність публікацій [4, 6, 9], де аналізують вплив високотемпературної інфрачервоної (ІЧ) обробки на фізико-механічні властивості [5], параметри подрібнення [7, 8] зерна,



вказує на реальну можливість суттєвого зниження затрат енергії на подрібнення (оброблене ІЧ випромінюванням зерно легше піддається руйнуванню ударом, що дозволяє знизити енергозатрати в 10 разів [8]). Зменшення енергії руйнування обробленого ІЧ-випромінюванням зерна зумовлює відмову від використання енергоємних низькоєфективних молоткових дробарок (на подрібнення зерна витрачається 30-40 % підведеної енергії [10]) та перехід до застосування енергоефективних вібраційних млинів з просторово-циркуляційним рухом завантаження [12, 13]. Завдяки високій інтенсивності ІЧ-випромінювання і віброударної дії на зернову сировину, час обробки зерна можна значно скоротити і реалізувати процес переробки зернової сировини на корм у більш компактних апаратах. Тому, робота, мета якої є удосконалення технології термомеханічної переробки зернової сировини і сої на корм є актуальною, і своєчасною.

### *Результати досліджень*

Технологія переробки зерна на корм призначена для реалізації послідовності операцій перетворення властивостей зернової сировини і сої до кондицій кінцевого продукту, придатного для споживання тваринами; тобто зерновий матеріал в процесі підготовки до згодовування перетворюється із сировини в продукт, придатний до максимально повного засвоєння тваринами. Це дає змогу зменшити його кількість при згодовуванні за рахунок збільшення поживної цінності.

Серед вивчених способів обробки зернових продуктів для покращення споживної якості є мікронізація і подрібнення зерна ударом. Зважаючи на наявність в цих способах ще не використаних можливостей, слід вважати, що у нових технологічних варіантах, вони ще деякий час будуть залишатися перспективними.

В загальному вигляді обробка зерна інфрачервоним (ІЧ) випромінюванням – мікронізація є мікронним колоїдним подрібненням. Сутність технології полягає в тому, що зерно опромінюється ІЧ-випромінюванням, хвилями, які проникають через поверхневу оболонку всередину зернівки і викликають інтенсивну вібрацію молекул, що і забезпечує швидкий нагрів об'єму зернівки. При цьому волога, що знаходиться в зернівці, переміщується до її центру. Поверхневі шари зернівки, завдяки швидкому нагріву до високої температури “спікаються”, утворюючи щільну оболонку з “капсулою” вологи всередині. Оскільки, коефіцієнт поглинання ІЧ-енергії водою вище, ніж у сухої речовини і волога переміщуючись до центру починає перетворюватись у пару, тиск якої стрімко підвищується, разом збільшується і температура твердої частини зернівки. При досягненні, за рахунок перегрітої пари, критичних значень температури і тиску, відбувається “вибух”, який призводить до викиду пари із центру. При цьому об'єм зернівки збільшується в 1,5-2 рази, розтріскується, зменшується густина речовини зернівки, відповідно міцність продукту. Біохімічні процеси, які відбуваються при дії високих температур в зернівці, призводять до покращення споживних якостей продукту, його поживності, перетравності та зменшенню величини міцності механічної структури зернового продукту.

Високотемпературна ІЧ-обробка дозволяє значно підвищити резерви зернових обмінною енергією, тому що дозволяє збільшити засвоюваність крохмалю на 30-40 %, білка на 20-24 %, перетравність клітковини тваринами на 10-15 %. Окрім того, забезпечується практично повна санітарна чистоти після обробки корму. Обробка повножирної сої дозволяє отримати необхідний ступінь руйнування інгібіторів трипсина, зберігаючи на високому рівні такий показник, як розчинення білка. Жоден спосіб теплової обробки не забезпечує такого співвідношення руйнування інгібіторів трипсина і зберігання розчинного протеїну [4, 6].

Ще одним способом цілеспрямованої зміни (покращення) технологічних властивостей зернової сировини при переробці на корм є процес подрібнення. В даному випадку здійснюється повторне руйнування фізико-механічної структури зернини. Зміна структури зерна попереднім інтенсивним ІЧ-опромінюванням дозволяє значно зменшити опір руйнування (при ударному руйнуванні затрати енергії зменшуються майже в 10 разів) [10, 12]. Це дає можливість відмовитись від використання енергоємних молоткових і штифтово-дискових дробарок і застосовувати більш ефективні подрібнювачі.

Вібраційні млини, які пропонуються для “повторного” подрібнення термічно обробленого зерна, при відносно високій продуктивності мають малі енергозатрати, широкі технологічні можливості та забезпечують помел на рівні вальцевих установок при значно меншій енерго- і матеріалоемності. Процес вібраційного дроблення [12, 13] здійснюється за рахунок удару і стирання зернового матеріалу при його взаємодії з поверхнею робочого тіла і частинок між собою. При взаємодії матеріалу і робочого тіла, енергія до якого підводиться вібраційним полем в процесі контакту (коли частка затискається між мелючими тілами), продукти дроблення сепаруються в циклічно звуваючому і розширюючому просторі, запобігаючи утворенню зайвих пилових фракцій.

Але незважаючи на високу ефективність і технічну простоту реалізації “сухого” способу



переробки зерна практичне використання його у виробництві комбикормів стримується з двох причин: високі питомі енергетичні затрати (до 175 кВт.год/т) та недосконалість існуючого обладнання.

Рішення цих питань реалізовано в технічних заходах, які пропонуються:

- заміна переміщення зерна на конвеєрі в моношарі (шар в одне зерно) на обробку в шарі з декількох зерен та їх перемішуванням при вібраційному транспортуванні;
- наближення генератора ІЧ-випромінювання до поверхні зерна на найменшу відстань, для підвищення інтенсивності опромінення при фіксованій потужності випромінювача;
- застосування імпульсно-періодичного випромінювання (робота джерела ІЧВ в імпульсному режимі);
- суміщення процесу подрібнення з охолодженням зерноматеріалу.

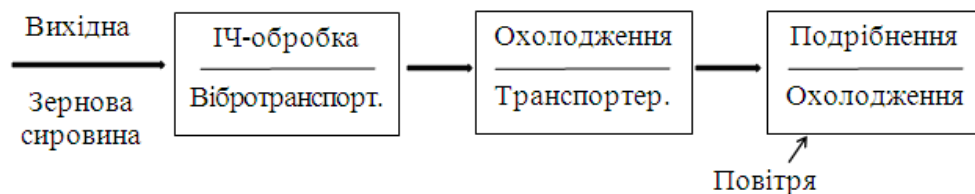


Рис. 1. Блок-схема вдосконаленого способу переробки зерна на кормові потреби

Запропонована схема термо- і механічної переробки зернової сировини (рис. 1) дозволяє не тільки усунути недоліки існуючих технологій, але й суттєво модернізувати існуючу лінію тепловологої обробки зерна з плющенням (рис. 2), звівши весь технологічний процес до 2-3 операцій.



Рис. 2. Блок-схема вологотеплової обробки зерна при переробці у корм

Очищене зерно (вихідної вологості) подається на вібраційний транспортер, оснащений джерелами випромінювання (лампи КГТ-200-1000), в процесі переміщення і перемішування нагрівається до температури 120-140°C, після чого обдувається повітрям і подається до камери вібраційного млина (МВ-25), де подрібнюється і вивантажується із ступенем помолу 0,25 мм.

Таким чином, реалізація даної технологічної лінії (процесу) термомеханічної обробки зернової сировини і сої у відповідності до технологічних вимог дозволяє:

- знизити енергоємність процесу мікронізації зерна;
- виключити операцію сушіння;
- отримати стерилізований продукт з високими поживними якістьми;
- знизити затрати енергії на процес подрібнення.

В перспективі усі зазначені операції можна реалізувати в одному агрегаті.

### Висновки

Вдосконалена технологія теплової обробки із подрібненням зерна дозволяє підвищити продуктивність обладнання на 40-42 %, знизити питомі витрати енергії на операції: ІЧВ на 26-32 %, подрібнення – 38-44 %; при цьому кількість декстринів збільшується на 83-86 %; поверхнева і глибинна мікрофлора знищується повністю; токсичність зменшується з IV до I ступеня.

### Список літератури

1. Єгоров Б.В. Волого-теплова обробка збіжжя / Б.В. Єгоров // *Зерно і хліб*, 1998. – № 3. – с. 10-12.
2. Мишууров Н.П. Совершенствование инженерно-технического обеспечения молочных ферм на основе комплексной энергетической оценки / Н.П. Мишууров. *Наук.вид.* – М.: ФГБНУ "Росинформагротех". – 2011. – 120 с.
3. Гулавський В.Т. Научные основы применения различных видов ВТО при переработке зерна / В.Т. Гулавський // *Зерновы продукты комбикорми.* – 2014. – № 3. – с. 27-37.



4. Кочанов Д.С. Научное обеспечение процесса микронизации зерновых культур и разработка технологий производства комбикормов из микронизированного зерна / Д.С. Кочанов // Дис. на соиск. канд.-тех. наук. Воронеж. – 2011. – 120 с.
5. Зверев С.В. Инактивация антипитательных веществ в сое при высокотемпературной микронизации / С.В. Зверев, Е.В. Козин // Хранение и переработка сельхозсырья. М.: 2008. – № 4. – с. 30-31.
6. Плавинська С.В. Мікронізація бобів сої – перспективний метод отримання якісного продукту для кормоприготування / С.В. Плавинська // Сучасне птахівництво. – 2001. – № 11/12. – с. 26-28.
7. Зверев С.В. Влияние инфракрасной термообработки на физико-механические свойства ячменя / С.В. Зверев, В.В. Красников, Е.П. Тюрев // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 1993. – № 5-6. – с. 69-72.
8. Крикунова Л.Н. Влияние ИК-обработки зерна пшеницы и ржи на параметры процесса его измельчения / Л.Н. Крикунова, Т.В. Андриенко, В.Я. Черных и др. // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – № 4. – 2007. – с. 76-77.
9. Елькин Н.В. Высокотемпературные инфракрасные технологии нового тысячелетия / Н.В. Елькин, В.В. Кирдяшкин // Хранение и переработка зерна. – 2002. – № 9. – с. 47-50.
10. Глебов Л.А. Совершенствование процесса измельчения компонентов комбикормов / Л.А. Глебов, С.В. Зверев, В.А. Глебов. М.: ЦНИИИТЭИ “Комбикормовая промышленность”. – 1988. – 97 с.
11. Злочевский В.Л. Совершенствование технологии и техники размола зерна / В.Л. Злочевский // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 2. – с. 28-32.
12. Солоня О.В. Вібраційні млини з просторово-циркуляційним рухом завантаження для тонкого помелу сипких матеріалів. В.: ВДАУ. – 2008. – 132 с.
13. Солоня О.В. Вібраційні млини для помелу матеріалів сільськогосподарського виробництва / О.В. Солоня, Д.А. Білик // Вібрації в техніці і технологіях. – 2013. – № 2 (70). – с. 196-199.

### References

1. Ègorov B.V. Vologo-teplova obrobka zбіzhzhya / B.V. Ègorov // Zerno i khlib, 1998. - № 3. - s. 10-12.
2. Mishurov N.P. Sovershenstvovaniye inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniya molochnykh ferm na osnove kompleksnoy energeticheskoy otsenki / N.P. Mishurov. Nauk.vid. - M.: FGBNU "Rosinformagrotekh". - 2011. - 120 s.
3. Gulavs'kiy V.T. Nauchnyye osnovy primeneniya razlichnykh vidov VTO pri pererabotke zerna / V.T. Gulavs'kiy // Zernovy produktii kombikormi. - 2014. - № 3. - s. 27-37
4. Kochanov D.S. Nauchnoye obespecheniye protsesssa mikronizatsii zernovykh kul'tur i razrabotka tekhnologii proizvodstva kombikormov iz mikronizirovanogo zerna / D.S. Kochanov // Dis. na soisk. kand.-tekh. nauk. Voronezh. - 2011. - 120 s.
5. Zverev S.V. Inaktivatsiya antipitel'nykh veshchestv v soye pri vysokotemperaturnoy mikronizatsii / S.V. Zverev, Ye.V. Kozin // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya. M.: 2008. - № 4. - s. 30-31.
7. Zverev S.V. Vliyaniye infrakrasnoy termoobrabotki na fiziko-mekhanicheskiye svoystva yachmenya / S.V. Zverev, V.V. Krasnikov, Ye.P. Tyurev // Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya. - 1993. - № 5-6. - S. 69-72.
8. Krikunova L.N. Vliyaniye IK-obrabotki zerna pshenitsy i rzhi na parametry protsesssa yego izmel'cheniya / L.N. Krikunova, T.V. Andriyenko, V.YA. Chernykh i dr. // Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya. - № 4. - 2007. - s. 76-77.
9. Yel'kin N.V. Vysokotemperaturnyye infrakrasnyye tekhnologii novogo tysyacheletiya / N.V. Yel'kin, V.V. Kirdyashkin // Khraneniye i pererabotka zerna. - 2002. - № 9. - s. 47-50.
10. Glebov L.A. Sovershenstvovaniye protsesssa izmel'cheniya komponentov kombikormov / L.A. Glebov, S.V. Zverev, V.A. Glebov. M.: TSNIITEI "Kombikormovaya promyshlennost". - 1988. - 97 s.
11. Zlochevskiy V.L. Sovershenstvovaniye tekhnologii i tekhniki razmola zerna / V.L. Zlochevskiy // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya. - 2009. - № 2. - s. 28-32.
12. Solona O.V. Vibratsiyini Mlyny z prostorovo - tsirkulyatsiyinim rukhom zavantazhennya dlya tonkoho pomelu Sypko materialiv. V.: VDAU. - 2008. - 132 s.
13. Solona O.V. Vibratsiyini Mlyny dlya pomelu materialiv silskohospodarskoho vyrobnytstva / O.V. Solona, D.A. Bilyk // Vibratsiyi v tekhnitsi y tekhnolohiyakh. - 2013. - № 2 (70). - S. 196-19

### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕПЛОВОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ НА КОРМ

**Аннотация:** рассмотрены традиционные технологии переработки зерновой продукции для производства комбикормов. Предложено использовать инфракрасное излучение (ИИВ) и вибрационные мельницы для повышения энергоэффективности и качества готовой продукции.

**Ключевые слова:** зерно, измельчения, инфракрасное облучение, вибрационный мельница.

### STATE AND PROSPECTS THERMAL AND MECHANICAL PROCESSING OF GRAIN RAW MATERIAL FOR FODDER

**Summary:** traytsiyini technologies of grain production for feed production. A use infrared radiation (ICHV) and vibrating mills for energy efficiency and product quality.

**Keywords:** grain, shredding, infrared radiation, vibration mill.