

10.Половко А. М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.

11.Ревенко І.І. Шляхи удосконалення агрегатів для приготування і роздавання кормів рогатій худобі / І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, Д.Ю. Белік // Вісник Харківського національного технічного університету сіль. госп-ва ім. П.Василенка // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві. – 2010. – Вип. 95. – С. 250–258.

12.Рябинин А.И. Надёжность и безопасность структурно-сложных систем/ А.И. Рябинин – Санкт-Петербург: Политехника, 2000. – 248 с.

#### **Новицкий А.В., Новицкий Ю.А. ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМА**

*В статье представлена методика формирования логико-вероятностной модели надежности сложной технической систем. Проведены исследования динамики изменения вероятности возникновения отказа механизма загрузки средства для приготовления и раздачи кормов как сложной технической системы «Человек – Машина – Среда».*

**Ключевые слова:** система, надежность, модель, логико - вероятностные методы, средства для приготовления и раздачи корма.

#### **A. Novitskiy, Y. Novitskiy LOGIC - PROBABILISTIC MODEL OF A RELIABLE MEANS FOR PREPARATION AND DISTRIBUTION OF FEED**

*The article analyzes existing research methods reliability of complex technical systems in their operation. Based on the analysis highlights the main methods for assessing reliability, reasonable possibility of an individual approach to assess the reliability of tools for preparation and distribution of feed as complex technical systems. The article presents a method of forming logical-probabilistic reliability models of complex technical systems.*

*Analytical description of the dangerous state of the machine is using the logic functions of failures. The arguments of the functions of failures is the baseline and outgoing events. For loading mechanism as the initial conditions are the failure of machinery and operator error. As the initial events are: the negative impact of environmental properties of the components and their contamination of feed, the state sites are running machine. Reliability loading mechanism limiting cutter blades and details about it. In the operating conditions established lack of timely monitoring and adjustment mechanism boot.*

*The resulting simulation model of logical and analytical dependence for establishing the probability of failure of a subsystem loading mechanism. Past studies of the dynamics of change in the potential failure mechanism downloading means for preparation and distribution of feed as a complex technical system "Human - Machine - Environment".*

**Keywords:** system, reliability, model, logical - probabilistic methods, means for preparation and distribution of forage.

Стаття надійшла в редакцію: 07.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Подригало М.А.

УДК 631.173: 633.34

### **ПРОБЛЕМИ МІКРОНІЗАЦІЇ БОБІВ СОЇ**

**В. І. Плавинський**, ст. викладач

**С. В. Плавинська**,

**О. В. Плавинська**, ст. викладач

Сумський національний аграрний університет

*Соевый бобок є цінним компонентом раціону кормовиробництва. Інактивація антипоживних речовин у бобах сої є найбільшою проблемою отримання білка високої якості. До найбільш ефективних сучасних методів інактивації відноситься мікронізація – термічна обробка бобів сої під впливом інфрачервоних променів з довжиною хвилі 1500...3500 нм. Запропоновані конструкції мікронізаторів відрізняються від інших високою рівномірністю мікронізації, високою продуктивністю і можливістю повної автоматизації технологічного процесу. Приведені основні проблеми термічної обробки соєвих бобів. Запропоновано декілька ефективних енергозберігаючих технологій та пристроїв для інактивації анти поживних речовин у бобах сої.*

**Ключові слова:** боби сої, мікронізація, термічна обробка, анти поживні речовини, трипсин, уреаза, високотемпературна мікронізація.

**Постановка проблеми.** Соя найбільш цінна культура серед зернобобових як за різноманітністю використання, так і специфічністю складу. Боби сої містять понад 35% білків, 18...28% жиру і більше 20% крохмалю [1,2]. У світовій широко застосовують соєвий осцилят у вигляді кристалі-

чного порошку як заміник білку у харчовій промисловості.

В Україні соя набула широкого застосування у вигляді високобілкового компоненту у кормовому раціоні різноманітних тварин та птиці. У порівнянні з іншими зернобобовими культурами, наприклад горохом боби сої не бажано використовувати у «сирому» вигляді в кормових раціонах, внаслідок специфічного складу а саме, наявності у бобах сої анти поживних речовин, які уповільнюють ріст та продуктивність тварин при потрапленні в їх організм, внаслідок негативного впливу на функціонування підшлункової залози [3].

Найбільш доступним і ефективним методом інактивації анти поживних речовин є термічна обробка сої (як цілих бобів, так і соєвого борошна). Вибір методів, технічних засобів та ефективне їх застосування при обробці сої є достатньо актуальною проблемою сучасності, яка потребує вирішення.

#### **Аналіз результатів останніх досліджень.**

Проблемами післязбирального обробітку сої займалися науковці як вітчизняних, так і зарубіжних установ, зокрема Птіцин С.Д., Дідух В.Ф., Ликов А.В., Безуглова О.С., Зверев С.В., Лігдов В.А. та ін. [1, 2, 4, 5].

Сучасним методом та технічним засобом післязбиральної обробки бобів сої, зокрема термічної обробки у більш повному обсязі присвячені роботи [3, 6, 7].

Із найбільш привабливих та високоефективних, але не достатньо досліджених є метод термічної обробки насіння зернобобових культур під назвою мікронізація, тобто обробка зернобобових культур під назвою мікронізація, тобто обробка насіння інфрачервоними променями із довжиною хвилі 1500...3500 нм [8]. При цьому процес інактивації антипоживних речовин бобів сої відбувається дуже швидко – протягом 50...70с, значно підвищується поживна цінність білка, також енергетична цінність збільшується (приблизно від 7800 до 16000 кДж/кг).

Порівняно з іншими методами термічної обробки бобів сої «високотемпературна мікронізація» має значні переваги, зокрема при сучасних темпах розвитку інформаційних технологій цей процес може бути повністю автоматизовано і мати найвищу ефективність.

Але, це потребує високої надійності всіх елементів технічних засобів, стійкості в робочих показниках, зокрема енергетичної складової в часі та інші. Тому необхідним є аналіз, пошук та розробка найбільш ефективних технічних рішень процесу високотемпературної мікронізації бобів сої.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є аналіз сучасних методів та технологічних засобів мікронізації бобів сої і визначення загальних рекомендацій по їх удосконаленню і реалізації в

аграрному виробництві.

**Результати дослідження.** За останні 20 років в Україні та країнах ближнього зарубіжжя запатентовано декілька десятків технологічно-конструктивних рішень (як методів так і конструкцій) мікронізації насіння зернобобових культур. Але реально діючих конструкцій значно менше. Мікронізатори у вигляді обертового циліндра із розташованими всередині уздовж лопатями і інфрачервоними лампами надійні в роботі, прості у виготовленні, але високоенергоємні. Крім того, при обертанні циліндра відбувається нагромадження зерна у декілька шарів, що призводить до значної нерівномірності його опромінення і знижує якість мікронізації [8].

Авторами статті були враховані вище згадані [9] недоліки і запропонована значно ефективніша конструкція мікронізатора бобів сої [10] рис. 1.

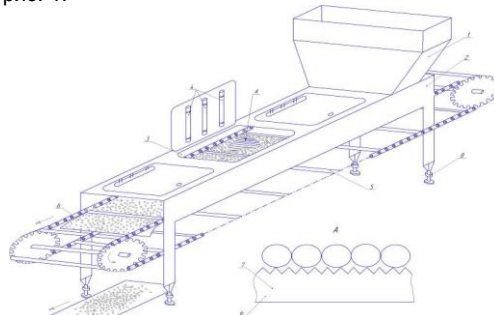


Рис. 1. Мікронізатор бобів сої:

- 1 – бункер, 2 - остов, 3 – термокамера,
- 4 – інфрачервоні лампи, 5 – прутковий транспортер,
- 6 – днище термокамери, 7 - поперечні нарізи,
- 8 – регульовальний пристрій.

Мікронізатор містить завантажувальний бункер 1, остов 2, термокамеру 3, в якій розташовані блоки інфрачервоних ламп 4 прутковий транспортер 5. Днище термокамери виготовлено у вигляді площини 6 з поперечними нарізами 7. Остов 2 має регульовальний пристрій 8.

Боби сої, завантажені в бункер 1 самопливом заповнюють простір між прутками в один шар. Після включення приводу транспортера боби рухаються під дією гравітаційних сил та прутків транспортера в термокамері від бункера до виходу. При цьому, кут нахилу площини 6, який встановлюється за допомогою регульовального пристрою 8 забезпечує самовільний рух бобів в один шар, а прутки транспортера обмежують самовільний рух бобів і забезпечують їх рівномірний поступальний рух по площині. Значна шорсткість поверхні площини 6, створена поперечними нарізами 7 складає опір поступальному руху бобів, внаслідок чого боби отримують обертовий рух, а діаметр прутків транспортера встановленого розміру забезпечує розташування бобів в один шар без нагромадження у

Вісник Сумського національного аграрного університету

міжпрутковому просторі при завантаженні з бункера та у подальшому русі.

Таким чином, боби сої мають складний – рівномірний поступально-обертальний рух по площині термокамери. Це дає можливість інфрачервоним променям рівномірно діяти на всю поверхню бобів і повністю інактивувати антипоживні речовини. Продуктивність запропонованого пристрою встановлюється кутом нахилу площини 6 (разом з остовом 2) за допомогою регульовального пристрою 8 та швидкістю руху транспортера.

Така конструкція має суттєві позитивні відмінності перед попередньою але є й недоліки. При розташуванні інфрачервоних ламп над керамічною основою, де знаходяться боби сої вектор теплового потоку спрямований вгору, що знижує енергетичну складову ІЧ-випромінювачів до 15%.

З метою більш повного використання променевого і теплового потоку інфрачервоних ламп авторами запропоновано удосконалити конструкцію мікронізатора, а саме: днище термокамери виконати з пористої кераміки, а інфрачервоні лінійні лампи типу ЛКГ-220-1000 розташувати під днищем [11] рис.2.

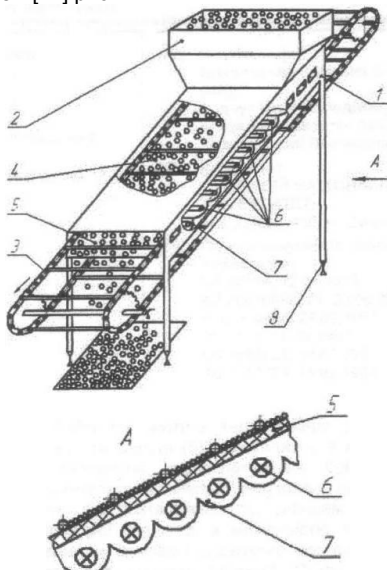


Рис.2. Пристрій для термічної обробки бобів сої

Мікронізатор містить остов 1, завантажувальний бункер 2, прутковий транспортер 3, термокамери має вигляд похилої площини, виготовленої з пористої кераміки прозорої для інфрачервоних променів, а під нею розташовані інфрачервоні лампи 6 з відбивачами 7. Остов 1 має регульовальний пристрій 8. Запропонований пристрій для термічної обробки бобів сої працює наступним чином.

Боби сої, завантажені в бункер 2, самопли-

вом заповнюють простір між прутками в один шар. Після увімкнення приводу транспортера боби рухаються під дією гравітаційних сил та прутків транспортера в термокамері від бункера до виходу. При цьому встановлений кут нахилу термокамери 4 додатково регулюється пристроєм 8, завдяки чому забезпечується самовільний рух бобів по днищу 5 в один шар, а прутки транспортера обмежують їх самовільний рух. Значна шорсткість поверхні днища 5 термокамери, створена пористою керамікою, складає опір поступальному руху бобів, внаслідок чого боби отримують обертальний рух.

Таким чином, боби сої мають складний поступально-обертальний рівномірний рух по площині термокамери. Це дає можливість інфрачервоним променям, що проникають через пористу кераміку днища термокамери, рівномірно діяти на всю поверхню бобів і повністю інактивувати антипоживні речовини. Інфрачервоні лампи, розташовані під днищем термокамери, звільнені від дії продуктів згоряння, вологи та ін., не затемнюються і стабільно працюють протягом встановленого ресурсу.

Продуктивність пристрою встановлюється кутом нахилу термокамери регульовальним пристроєм 8, інтенсивністю інфрачервоного випромінювання та зміною швидкості руху транспортера.

Лабораторні дослідження експериментальної установки-мікронізатора (вище згаданої) виявили деякі недоліки, а саме – лінійні інфрачервоні лампи типу КГТ, що розташовані впоперек термокамери мають нерівномірний променевий (а також і тепловий) потік по довжині, тобто – в центрі лампи – максимальний і найменшій інтенсивності на кінцях.

При цьому боби сої, у процесі термічної обробки отримують не однакову кількість теплової енергії – по середині термокамери (по всій довжині) більше, а по краях менше. Це призводить до нерівномірної інактивації антипоживних речовин у бобах сої і в цілому до зменшення ефективності термічної обробки.

Авторами цієї статті було запропоновано удосконалити мікронізатор [12], схема на рис.3.

Пристрій містить остов 1, завантажувальний бункер 2, прутковий транспортер 3, термокамеру 4. Днище 5 термокамери має вигляд похилої площини, виготовленої з пористої кераміки прозорої для інфрачервоних променів, а під нею розташовані інфрачервоні лампи 6 з відбивачами 7. Причому внутрішня поверхня відбивача у позовдовжньому напрямку має різну шорсткість, що плавно змінюється від максимального значення посередині до мінімального по краях.

Із бункера 2 після включення приводу транспортера 3 боби сої самопливом рухаються по похилій площині термокамери в один шар з перекочуванням, завдяки значній шорсткості пористої

кераміки днища 5. Прутки транспортера 3 рухаючись із заданою швидкістю обмежують самовільний рух бобів у термокамері.

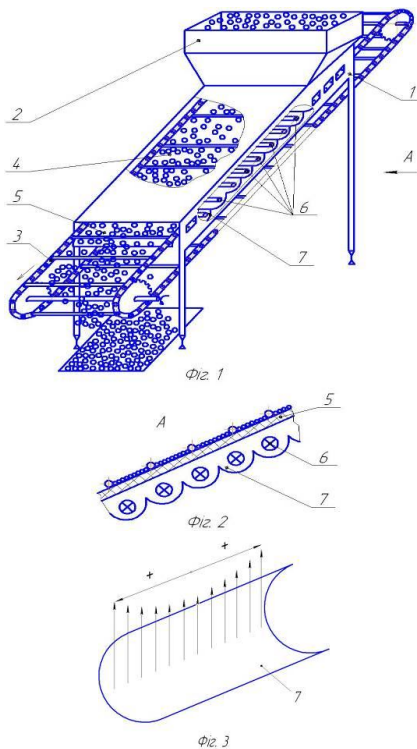


Рис.3. Мікронізатор соєвих бобів

Термічна обробка бобів сої (інактивація антипоживних речовин) відбувається під дією інфрачервоних променів, які проникають через пористу кераміку днища 5 термокамери. Джерелом ІЧ-променів слугують інфрачервоні випромінювачі – лампи 6 типу КГТ, а під ними розташовані відбивачі 7 які посилюють дію ІЧ-променів.

Завдяки плавній зміні шорсткості внутрішньої поверхні відбивача по його довжині, відповідно змінюється і інтенсивність теплового потоку від інфрачервоних ламп. При збільшенні шорсткості поверхні відбивача здатність знижується і тепловий потік зменшується, а при зменшенні шорсткості тепловий потік збільшується.

Таким чином, за рахунок вирівнювання інтенсивності теплового потоку від інфрачервоних ламп по їх довжині значно підвищується рівномірність, а в цілому і ефективність термічної обробки бобів сої.

Суттєвим недоліком цієї конструкції є наступне. Верхня частина ланцюгового приводу (металевого ланцюга) постійно рухається (знаходиться) всередині термокамери, де температура знаходиться в межах 200...280<sup>0</sup> С.

При нагріванні ланцюг видовжується, змі-

нюється крок, ланцюг піднімається на зірочках і боби сої самовільно рухаються по термокамері і втрачають керованість. Процес мікронізації припиняється. Цей недолік було враховано при розробці авторами іншої конструкції мікронізатора [13], схема на рис.4.

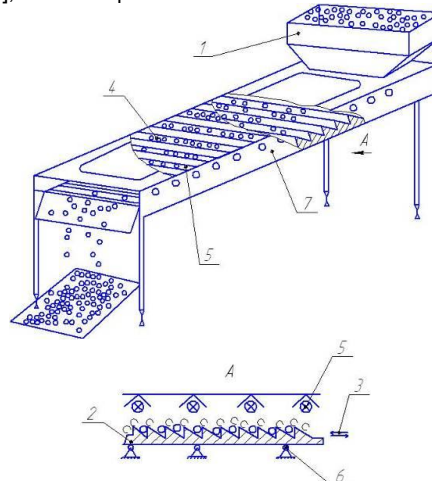


Рис.4. Пристрій для мікронізації бобів сої

Мікронізатор містить завантажувальний бункер 1, зубчасту дошку 2 транспортера жорстко зв'язаної з електромагнітним віброприводом 3, термокамеру 4, інфрачервоні нагрівачі (лампи типу КГТ) 5, опорні ролики 6 і остов 7.

Пристрій для мікронізації бобів сої працює наступним чином. Боби сої з бункера 1 самопливом подаються на дошку 2 транспортера. Після включення електромагнітного віброприводу 3, за рахунок зворотно-поступального руху дошки з певною частотою і амплітудою, та пилоподібної форми зубців на робочій поверхні дошки, боби сої рухаються вздовж термокамери 4 по всій її ширині в один шар з перекошуванням. Інфрачервоні промені від нагрівачів 5 (лампи КГТ) інтенсивно нагрівають боби сої і звільняють їх від антипоживних речовин. Дошка 2 транспортера спирається на ролики 6, які жорстко не зв'язані з загальним остовом 7 на якому встановлені інфрачервоні лампи. Завдяки цьому вібраційний рух дошки 2 не передається нагрівачам 5.

Таким чином, вдосконалена схема транспортування бобів сої дозволяє рухатися їм рівномірно з перекошуванням від завантажувального бункера по термокамері і на вихід. При цьому забезпечується рівномірна термічна дія ІЧ-променів по усій поверхні бобу, що значно підвищує ефективність технологічного процесу.

Розглянуті раніше конструкції мікронізаторів мають одну особливість, а саме – їх продуктивність майже прямо залежить від довжини термокамери, оскільки її ширина обмежена довжиною інфрачервоних ламп.

Наприклад, при використанні ІЧ-ламп мар-

Вісник Сумського національного аграрного університету

ки КГТ-200-600 і довжині термокамери близько 3000 мм розрахункова продуктивність складає 150...170 кг/год. А при необхідності підвищити продуктивність до 300...350 кг/год довжина термокамери повинна бути близько 6000мм, та ін.

Це викликає деякі незручності у розмірах виробничого приміщення, тому було запропоновано конструкцію мікронізатора більш компактну «карусельного» типу [14], схема на рис.5.

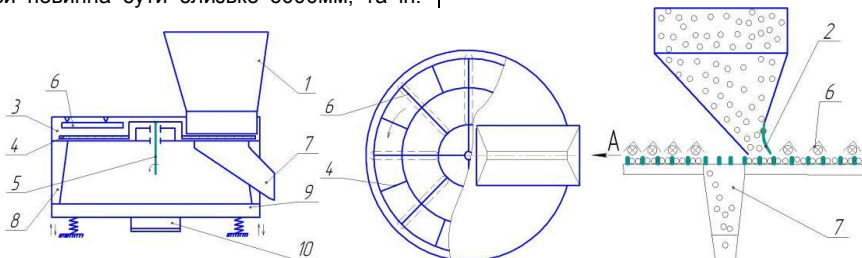


Рис.5. Мікронізатор насіння зернобобових культур

Мікронізатор містить завантажувальний бункер 1 з вирівнювачем 2, термокамеру 3, на дні якої розташований прутковий транспортер 4, що має привод 5, інфрачервоні опромінювачі (лампи) 6 розташовані по радіусу термокамери, вивантажувальний канал 7, остов 8 жорстко прикріплений до віброштаби 9 з віброприводом 10.

Мікронізатор працює наступним чином. Завантажене насіння в бункер 1 самопливом заповнює простір між прутками транспортера 4. При включенні приводу 5 транспортер переміщує насіння від зони завантаження до вивантажувального каналу 7, причому насіння розташовується між прутками в один шар завдяки вирівнювача 2. При включенні віброприводу 10 вся конструкція мікронізатора коливається у вертикальній площині з частотою 50Гц і амплітудою 2мм. Це дозволяє уникнути нагрівання насіння в процесі руху і значно

полегшується перекошування кожної насінини. При такому русі насіння рівномірно опромінюється (при включенні інфрачервоних опромінювачів 6) по всій поверхні, що і призводить до значного підвищення якості термічної обробки

#### Висновки

Ефективність мікронізації бобів сої залежить від таких основних факторів:

1. Максимального (більш повного) використання променевого потоку інфрачервоного випромінювання.
2. Забезпечення максимально рівномірного опромінювання всієї поверхні бобів сої.
3. Забезпечення рівномірного руху бобів сої в термокамері.
4. Максимального ступеню автоматизації процесу.

#### Список використаної літератури:

1. Балакай Г.Т. Соя: екологія, агротехніка, переробка / Г.Т. Балакай, О. С. Безуглова. - Д: Фенікс, 2003. - 160 с.
2. Баранов В.Ф. Селекція, насінництво й технологія обробітку технічних культур / В.Ф. Баранов, А.І. Лебедовський. - М., 1980. - 199 с.
3. Плавинська С.В. Дослідження засобів технічного забезпечення термічної обробки насіння зернобобових культур / С.В. Плавинська, О.В. Радчук // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 108. Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві, ХНТУСГ. - Х., 2011. - 353 с.
4. Заверюхин В.І. Виробництво сої / В.І. Заверюхин, І.Л. Левандовський. - К.: Врожай, 1988. - 112 с.
5. Дідух В.Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських рослинних матеріалів: монографія / Дідух В.Ф. - Луцьк: ЛДТУ, 2002 - 165 с.
6. Плавинська С.В. Мікронізація бобів сої – перспективний метод отримання якісного продукту для кормовиробництва (кормоприготування) / С.В. Плавинська // Сучасне птахівництво. – 2011. - №11-12. – С.26-28.
7. Радчук О.В. Обґрунтування оптимального вибору методу теплової обробки зерна бобових культур / О.В. Радчук, С.В. Плавинська // Вісник СНАУ. - №1(21). – 2010.
8. Брагинец Н.В. Мікронізація зерна для кормових цілей / Н.В. Брагинец // Механізація і електрифікація сільського господарства. – М., 1981. – С.18-20.
9. Адамень Ф.Ф. Использование сои в народном хозяйстве / Ф.Ф. Адамень, В.Н. Письменов. – Симферополь: Таврида, 1995. – 208с.
10. Пат. UA 90123, МПК А23 N 5/00, Пристрій для термічної обробки бобів сої / Плавинський В.І.; заявник та патентовласник Сумський НАУ. – заявл. 23.07.07; опубл. 12.04.10, Бюл. №7, 2010.

Вісник Сумського національного аграрного університету

11. Пат. UA 99680, МПК A23 L 1/20, Пристрій для термічної обробки бобів сої / Плавинський В.І.; заявник та патентовласник Сумський НАУ. – заявл. 18.07.11; опубл. 10.09.12, Бюл. № 17, 2012.

12. Пат. UA 108168, МПК A23 N 5/00 Пристрій для термічної обробки бобів сої / Плавинський В.І.; заявник та патентовласник Сумський НАУ. – заявл. 07.12.15; опубл. 11.07.16, Бюл. №13, 2016.

13. Пат. UA 90332, МПК A23 B 9/00, Пристрій для мікронізації бобів сої / Плавинський В.І.; заявник та патентовласник Сумський НАУ. – заявл. 25.11.13; опубл. 26.05.14, Бюл. №10, 2014.

14. Пат. UA 78817, МПК A21 B 2/00, Мікронізатор насіння зернобобових культур / Плавинський В.І.; заявник та патентовласник Сумський НАУ. – заявл. 07.09.11; опубл. 10.04.13, Бюл. №7, 2013.

#### **Plavynskyy V.I., Plavynska S.V., Plavynska O.V. Problems of micronization soybeans**

*Soy protein is a valuable component of the diet of forage production. Inactivation of anti-nutrients in soy beans is the biggest challenge of obtaining high quality protein. The most effective modern inactivation methods include micronization - heat treatment of soybeans under the influence of infrared rays with a wavelength of 1500 ... 3500 nm. Proposed micronizator design different from other high uniformity micronization, high performance and the ability to fully automate the process. The main problem of the heat treatment of soybeans. It proposed several energy-efficient technologies and devices for inactivating anti-nutrients in soybeans.*

**Ключевые слова:** бобы сои, микронизация, термическая обработка, анти питательные вещества, трипсин, уре-аза, высокотемпературная микронизация.

#### **Плавинский В.И., Плавинская С.В., Плавинская А.В. Проблемы микронизации бобов сои**

*Соевый белок является ценным компонентом рациона кормопроизводства. Инактивация антипитательных веществ в бобах сои является самой большой проблемой получения белка высокого качества. К наиболее эффективным современным методам инактивации относится микронизация - термическая обработка бобов сои под влиянием инфракрасных лучей с длиной волны 1500 ... 3500 нм. Предложенные конструкции микронизатора отличаются от других высокой равномерностью микронизации, высокой производительностью и возможностью полной автоматизации технологического процесса. Приведены основные проблемы термической обработки соевых бобов. Предложено несколько эффективных энергосберегающих технологий и устройств для инактивации антипитательных веществ в бобах сои.*

**Keywords:** soy beans, micronization, heat treatment, anti-nutrients, trypsin, ur-ase, high micronization.

Стаття надійшла в редакцію: 27.08.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Саарела Йоко

УДК 631.362.7:633.2/3:63

### **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВТРАТ ТИСКУ ПОВІТРЯ**

**А. В. Спірін**, кандидат технічних наук, доцент

**О. В. Солоня**, кандидат технічних наук, доцент

**О. О. Труханська**, кандидат технічних наук, ст. викладач

Вінницький національний аграрний університет

**В. В. Деркач**, викладач

Уманський національний університет садівництва

*Отримана універсальна математична модель, що дозволяє визначити втрати тиску повітря в шарі зернистих, волокнистих і стеблових матеріалів. Важливою особливістю даної моделі є те, що вона включає відносний коефіцієнт газопроникності, застосування якого виключає визначення всього комплексу фізико-механічних і аеродинамічних характеристик матеріалу.*

**Ключові слова:** математична модель, втрати тиску, післязбиральна обробка, сушильне обладнання, внутрішня задача гідродинаміки, питома поверхня, ворох насіння.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Основною технологічною операцією післязбиральної обробки вороху насіння багаторічних трав є його сушка, оскільки в період збирання врожаю обмолочувальна маса має зазвичай підвищену вологість, а ворох, навіть при невеликій вологості 20-27%, швидко самозігрівається, що призводить до зниження посівних якостей насіння

[1].

Однак, режими сушіння вороху насіння багаторічних трав вивчені недостатньо. Відсутні науково-обґрунтовані дані для розрахунку технологічних параметрів сушильного обладнання.

Одним із важливих технологічних параметрів сушильного устаткування є опір шару руху повітря, що нагнітається вентилятором крізь цей