

### Список літератури

1. Долинский А.А. Дискретно–импульсный ввод энергии в теплотехнологиях / Долинский А. А., Басок Б. И., Гулый И. С. – К.: ИТТФ НАНУ, 1996. – 206 с.
2. Долинский А.А. Использование принципа дискретно-импульсного ввода энергии для создания эффективных энергосберегающих технологий / А.А. Долинский / ИФЖ. – 1996. – Т. 69, №6. – С. 35 – 43.
3. Промтов М.А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества / М.А. Промтов. – М.:Машиностроение, 2004. – 93 с.
4. Топилин Г.Е. Использование гидродинамических аппаратов в агро-производстве/ Г.Е. Топилин, С.М. Уминский // Аграрний вісник Причорномор'я. –2007.– № 40. – С.64-79.
5. Топілін Г.Є. Використання гідродинамічних апаратів у технологічних процесах / Г.Є. Топілін, С.М. Уминський, С.В. Інютін. – Видавництво та друкарня «ТЕС». – 2009. – С.184.

*Обоснован метод приготування рідких кормів і кормових добавок високого якості з допомогою роторно–пульсаційного апарату. Приведені переваги цього методу по порівнянню з традиційними.*

***Корма, роторно-пульсаційний апарат, кавітація.***

*Method of preparation of liquid feed and feed additives of high quality with using of rotary – pulsating machine is studied. Advantages of this method over traditional are presented.*

***Feed, rotor-pulsation apparatus, cavitation.***

УДК 621.313:631.171

## ВПЛИВ ШВИДКІСНИХ РЕЖИМІВ УСТАНОВОК АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ НА БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ЗЕРНОВОМУ НАСИПІ

***І.Б. Луцик, здобувач\****

***Тернопільський національний педагогічний університет  
ім. В.Гнатюка***

*Запропоновано адаптивний алгоритм визначення необхідної продуктивності вентилятора залежно від співвідношення параметрів стану зернової маси з використанням інтелектуального регулятора, що забезпечує енергоощадність технологічного процесу та збереження якісних показників зерна.*

***Адаптивні алгоритми керування, активне вентилявання, самозігрівання, зернові шкідники, енергозатрати.***

---

\*Науковий керівник – доктор технічних наук, професор В.С.Федорейко

Процеси обробки і зберігання зерна у вітчизняному виробництві характеризуються високими енергозатратами. Цей показник вище в середньому на 30 % порівняно з іншими відомими технологіями і науково обґрунтованими нормами [1].

Технологічним прийомом, що забезпечує суттєве зниження енергії в галузі зберігання зерна є активне вентилявання. Цей процес не потребує складного обладнання чи великих капітальних вкладень. Тому не випадково, що на базі активного вентилявання розроблено технології, які широко застосовуються при обробці основних обсягів високоякісного зерна у ряді аграрнорозвинених країн (зокрема США, Канада, Австралія). Досвід передових галузей промисловості цих країн доводить, що на сучасному етапі ефективність вкладень у вдосконалення засобів і систем автоматизації вища, ніж у нові види обладнання [4].

Тому, пошук нових алгоритмів керування швидкісними режимами вентилявання нині не втрачає своєї актуальності.

**Мета досліджень** – підвищення енергоефективності системи керування енергоощадними швидкісними режимами вентиляційних установок для підтримання якісних показників сировини

**Матеріали та методика досліджень.** Результативним інструментом пошуку в цьому випадку є імітаційне моделювання комплексу процесів, що протікають у реальній системі, з подальшим дослідним опрацюванням рішень і схем. Методом раціоналізації режимів роботи адаптивної системи керування та підвищення її ефективності, мобільності та гнучкості є застосування «інтелектуальних» САК, зниження рівня складності програмно-апаратного забезпечення регуляторів. Тому, основою проектування цього типу регуляторів є конструювання бази знань, методи представлення яких ґрунтуються на принципах теорії систем та штучного інтелекту. Кількісною мірою якості функціонування технологічної системи є змішаний критерій її ефективності: якісні показники зерна та енерговитрати.

**Результати досліджень.** Аналіз причин, які знижують якісні показники сировини при її зберіганні, доводить, що найнебезпечнішим є самозігрівання зернової маси. Це обумовлено тим, що в зерновому насипі, як у складній біохімічній системі, постійно відбуваються фізико-хімічні та біологічні процеси, які, залежно від умов зберігання, можуть призвести до погіршення, а то й до повного псування сировини [2].

Зерно, як будь-який живий організм, дихає, і при цьому втрачається його маса, підвищується температура й вологість. Таким чином, його зберігання породжує певні труднощі, пов'язані з втратою маси та погіршенням якості. Адже у будь-який момент при зберіганні зернової маси в діапазоні температур 15–38 °С і при вологості, яка перевищує оптимальну, існує велика ймовірність розвитку плісняви, комах та грибків.

Втрат, викликаних комахами, можна ефективно уникнути вже при охолодженні врожаю до температури нижче 13 °С. При відповідних низьких температурах комахи впадають у зимову сплячку і не завдають шкоди. Проте при більш оптимальних для себе умовах температури і

вологості, комахи стрімко розмножуються і своєю життєдіяльністю наносять великої шкоди зерну. Використання ж хімічної обробки є небажаним для насіннєвого зерна, а для продовольчого – узагалі заборонено [5].

Особливо небезпечним для зерна є борошняний кліщ, що може переходити в унікальну стадію, відому як гіпопус, в якій оболонки тіла тверднуть. За відсутності їжі або інших несприятливих умовах кліщі можуть залишатися в цій стадії протягом декількох місяців. Для запобігання зростанню числа цих шкідників у вологому зерні потрібна температура менше 5 °С [4]. Проте слід зауважити, що під впливом помірно низьких температур у хлібних кліщів виробляється стійкість до низьких температур. Цей фактор також потрібно враховувати при охолодженні зерна.

Отже, з точки зору екологічної безпеки та енергоощадності, найдоцільнішим методом боротьби зі шкідниками є охолодження зерна шляхом активного вентилявання.

У статичному стані насип зерна вкрай повільно приймає енергію. Це є результатом ізолюючого ефекту повітря в проміжних просторах між зернами і малої контактної поверхні. У зв'язку з цим тепле зерно при низькій зовнішній температурі повітря довго зберігає тепло. Відповідно на підставі того ж самого ефекту охолоджене – довго залишається холодним.

Процес вентилявання повинен контролюватися не тільки стосовно температури, але й вологості повітря. Адже, якщо сухе зерно продувати холодним, але вологим повітрям, то це неодмінно викличе процес псування сировини. Крім того, в процесі охолодження, за відповідних метеорологічних умов можливе утворення конденсату.

Технологія охолодження засобами активного вентилявання має численні переваги, які необхідно враховувати з точки зору економічної ефективності: тривале зберігання без ризику зниження якості, захист від поїдання комахами-шкідниками та від їх розмноження, захист від утворення грибів та їх мікотоксинів, уникнення дорогої і шкідливої хімічної обробки, мінімізація втрат внаслідок дихання зерна, відсутність необхідності перескладування, незначні витрати на сушіння, збереження здатності до проростання, відсутність окислення олійного зерна [5].

Недостатній обмін повітря в насипі у процесі зберігання або при слабкому його вентиляванні призводить до зниження життєздатності зерна з підвищеною вологістю. Для збереження його насіннєвих якостей, особливо вологістю понад 14–15 %, необхідно передбачати процес вентилявання з певною періодичністю, що залежить також від температури та вологості навколишнього середовища.

Для скорочення часу вентилявання питому подачу повітря часто збільшують до 250 м<sup>3</sup>/т за годину і більше, однак це пов'язано зі значним споживанням електроенергії та витратами на охолодження. Тому необхідно встановлювати такі питомі подачі повітря, які б забезпечували охолодження зерна і запобігали його псуванню і втратам за мінімальних витрат на вентилявання.

Структурний аналіз процесів, що відбуваються в зерновому насипі під час активного вентилявання, проведено із врахуванням сукупності характеристик, що є істотними для ефективного охолодження зерна. Отже, визначено такі параметри:

- стану  $S^1$ :  $w_3$  – вологість зерна,  $t_3$  – температура зерна;
- спостереження  $S^4$ :  $w_3^K$  – вологість зерна у лабораторних замірах,  $t_3^K$  – температура зерна у точках вимірювання,  $K_{шк}^K$  – наявність шкідників у пробах зерна;
- керування  $S^2$ :  $v_n$  – швидкість повітря, що подається;
- збурення  $S^3$ :  $w_3^n$  – початкова вологість зерна,  $t_3^n$  – початкова температура зерна,  $s_3$  – шпаруватість зерна,  $\lambda_3$  – теплопровідність зерна,  $w_n^n$  – вологість повітря,  $t_n^n$  – температура повітря;

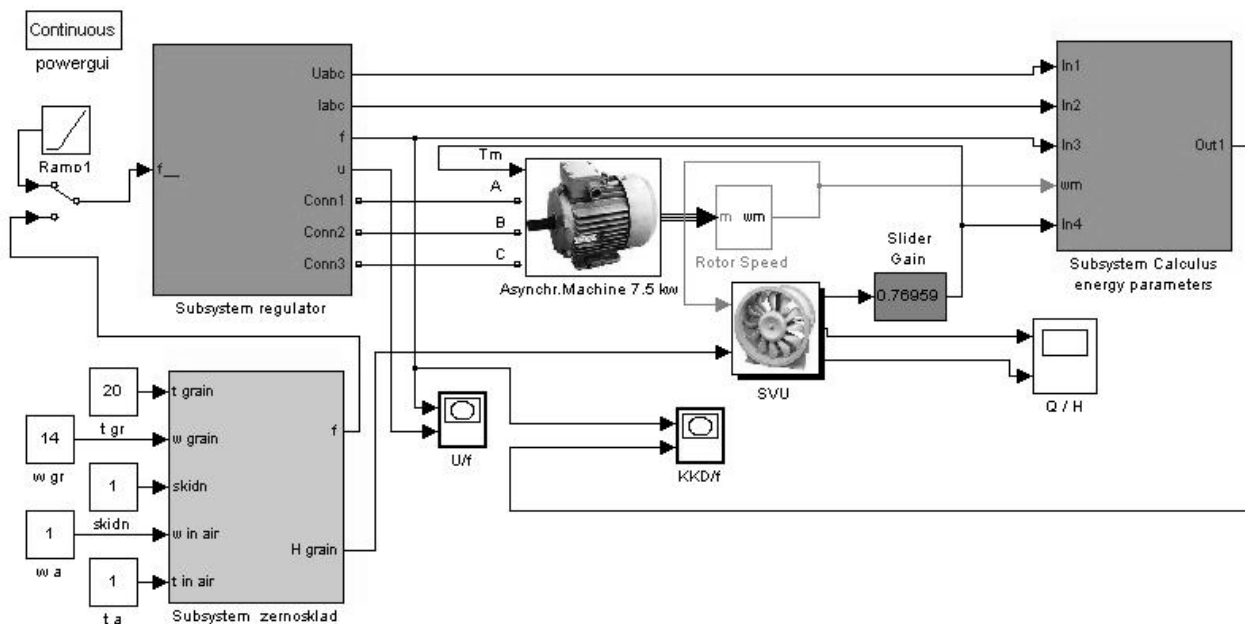
Функціональне співвідношення параметричної моделі матиме вигляд:

$$f(S^1 : w_3, t_3) = f(S^2 : v_n; S^3 : w_3^n, t_3^n, s_3, \lambda_3, w_n^n, t_n^n; S^4 : w_3^K, t_3^K, K_{шк}^K).$$

Одним із можливих шляхів вирішення проблеми є створення інтегрованої технології провадження процесу на основі використання інтелектуальної системи автоматизованого керування (САК).

Отже, задача організації енергоощадних режимів роботи електропривода установки активного вентилявання є багатокритеріальною і носить адаптивний характер. Адже, згідно з поняттями адаптивності – це система, що забезпечує в темпі реального процесу зменшення апріорних невизначеностей, що призводить до ефективного управління ходом процесу [3].

Для управління процесом вентилявання розроблено алгоритм функціонування системи автоматизованого керування (САК), імітаційну модель якого наведено на рисунку.



Імітаційна модель САК активного вентилявання

Оскільки подача повітря вентилятора функціонально залежить від стохастичних процесів, що відбуваються в зерновому насипі та в навколишньому середовищі, то реалізувати схему керування нею найдоцільніше методами інтелектуального пошуку даних.

Залежно від необхідного режиму вентиляювання визначені диференційовані діапазони продуктивності вентилятора (таблиця). Аналіз наведених даних свідчить, що діапазон значень не є чітко визначеним. Це підтверджує коректність рішення щодо застосування засобів штучного інтелекту для визначення оптимальної продуктивності вентилятора.

#### **Залежність продуктивності від вибраних режимів вентиляювання**

№ з/п	Режим вентиляювання	Продуктивність м <sup>3</sup> /год
1	Охолодження, знешкодження шкідників	1300 – 2960
2	Контроль самозігрівання	850 – 1700
3	Вирівнювання вологи	450 – 1400
5	Вирівнювання температури	300 – 750
6	Видалення застоюного повітря	300 – 500

У цьому випадку цей модуль реалізовано за допомогою апарата гібридних мереж. Оскільки кінцеве значення продуктивності залежить від взаємозв'язку декількох процесів, то з метою уникнення «прокляття розмірності» використано каскадний метод формування системи: для визначення рівноважної вологості повітря використано fuzzy-систему типу Sugeno; для ідентифікації самозігрівання – модуль, що містить нейронну мережу для визначення зон підвищення температури; для вибору необхідної продуктивності – нечітку систему типу Mamdani. Для поєднання нечітких систем, нейромереж та проведення додаткових розрахунків застосовано контролер. Перевірка на адекватність функціонування моделі показала, що ця модель дозволяє розраховувати параметри системи з похибкою 0,3 %.

#### **Висновки**

Режими активного вентиляювання зерна повинні враховувати абіотичні чинники навколишнього середовища: вологість та температуру повітря, зважаючи на їх вплив на біологічні процеси, що відбуваються в зерновому насипі. Для профілактики розмноження кліщів та інших шкідників, а також для усунення самозігрівання потрібна достатня швидкість вентиляювання із врахуванням падіння тиску, спричиненого опором шару зерна.

Для збільшення надійності та підвищення енергоощадності існуючих систем активного вентиляювання необхідно проводити комплексний аналіз усього технологічного процесу з метою виявлення чинників, які впливають на зростання енерговитрат.

Оскільки задача організації енергоощадних режимів роботи електропривода установки активного вентиляювання є багатокритеріальною і носить адаптивний характер, то реалізувати оптимальне управління процесом активного вентиляювання можна шляхом створення інтегро-

ваної технології провадження процесу на основі використання інтелектуальної системи автоматизованого керування (САК).

#### Список літератури

1. Кирпа Н. Использование энергии в процессах хранения и обработки зерна. [Електронний ресурс]. – Режим доступу. – <http://www.lol.org.ua/rus/fruits>
2. Луцик І.Б. Використання активного вентилявання при зберіганні зерна / І.Б. Луцик // Наук. вісник НУБіП. Серія «Техніка та енергетика АПК». – К., 2010. – Вип. 153. – С. 221–228.
3. Мовчан А.П. Адаптивні та параметрично-оптимальні системи управління: навч. посіб. / А.П.Мовчан, О.В. Степанець. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 108 с.
4. Новые подходы к автоматизации предприятий по перевалке и хранению зерна / Компания «С-инжиниринг» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://sengineering.com.ua/index.php?option=com\\_content&task=view&id=570](http://sengineering.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=570)
5. Технология хранения зерна в охлажденном состоянии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.zanotti.kiev.ua/print>

*Предложен адаптивный алгоритм определения необходимой производительности вентилятора в зависимости от соотношения параметров состояния зерновой массы с использованием интеллектуального регулятора, что обеспечивает энергосбережение технологического процесса и сохранения качественных показателей зерна.*

***Адаптивные алгоритмы управления, активное вентилирование, самосогревание, зерновые вредители, энергозатраты.***

*An proposed an adaptive algorithm to determine the required fan capacity, depending on the ratio of the state parameters of the grain using intelligent controller that provides the energy-saving process and maintain grain quality indicators.*

***Adaptive control algorithms, active ventilation, self-warming, grain pests, energy expenses.***

УДК 517.958

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ ПОТЕНЦІАЛІВ ПЛОСКИХ ДЕФОРМАЦІЙ У ЗАДАЧАХ ЛІНІЙНОЇ В'ЯЗКОПРУЖНОСТІ

***О.М. Нецадим, кандидат фізико-математичних наук  
Ю.Б. Гнучій, доктор фізико-математичних наук***

*Для задачі про плоскі деформації в'язкопружного матеріалу абелівського типу отримано систему гранично-часових інтегральних рівнянь другого роду. Запропоновано алгоритм розв'язування цієї системи.*

***В'язкопружність, ядро релаксації, модель Работнова, функція релаксації, в'язкопружний потенціал, фундаментальний розв'язок, щільність потенціалу, ядро інтегрального рівняння, рухома межа.***

---

© О.М. Нецадим, Ю.Б. Гнучій, 2013