

УДК 681.518.54+664.71

**П.І. Ванкевич**

Львівський державний аграрний університет,  
кафедра механіки, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції

## **ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ПОДРІБНЮВАЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН УДАРНО-ПРОТИРАЮЧОЇ ДІЇ**

© Ванкевич П.І., 2001

**Проведено дослідження режимів роботи подрібнювальних машин ударно-протираючої дії. Визначено параметри технічного стану подрібнювальних машин і обґрунтовано їх допустимі значення. Розроблено алгоритм технічної діагностики подрібнювальних машин.**

**Seen out offices researches hours of crumbling up engines shock-fraying action. Defined the parameters of technical state of crumbling up engines and grounded their admissible senses. Developed algorithm of technical diagnostics of crumbling up engines.**

Машини ударно-протираючої дії широко використовують в сільському господарстві, переробній і харчовій промисловості для виробництва компонентів харчових продуктів і комбікормів. До них належать різноманітні вимелювальні машини, ентолейтори, деташери, дезінтегратори, молоткові дробарки тощо. Технічний стан цих машин є важливим чинником, який впливає на якість продуктованих ними компонентів харчових й кормових продуктів чи продовольчої сировини [3, 4].

Завдання щодо розпізнавання стану машин – виявлення причин, які призвели до порушення працездатності, встановлення місць та виду дефекту, а також прогнозування терміну експлуатації деталей та вузлів обладнання – вирішує технічна діагностика [1]. Суть діагностування полягає у порівнянні параметрів технічного стану піддослідної машини з її допустимими значеннями. До параметрів технічного стану належать ознаки, які можуть характеризувати технічний стан машини і мають кількісне значення. Діагностичні параметри можна поділити на структурні (геометричні розміри, зазори, натяги, посадки, положення регульованих елементів), функціональні (час циклу, споживча потужність, питома витрата електроенергії та ін.) і супутні (шум, вібрація, температура тощо). Найбільш інформативними параметрами є структурні, однак їх визначення здебільшого можливе лише при статичній зупинці або під час обслуговування та ремонту.

Зміна технічних структурних параметрів під час роботи машин, як правило, відображається зміною таких функціональних і структурних параметрів як продуктивність, споживча потужність, шум, вібрація, температура тощо. Тобто значення функціональних чи супутніх параметрів прямо або побічно характеризують технічний стан машини [2].

Вибір тих чи інших параметрів необхідно проводити після дослідження режимів роботи піддослідних машин, всебічного вивчення та аналізу можливих поломок, виявлених дефектів і пошкоджень і їх зв'язків з відповідними параметрами технічного стану.

Практикою встановлено, що найбільш вагомими параметрами здатними описати технічний стан роботи подрібнювальних машин ударно-протираючої дії є теплові параметри (температура, теплові потоки як елементів машини, так і подрібнюваних матеріалів, які при певних функціональних параметрах мають чітко виражені позиції).

Метою даної роботи є розробка методики технічного діагностування подрібнювальних машин ударно-протираючої дії за їх функціональними та супутніми параметрами технічного стану.

*Дослідження режимів роботи подрібнювальних машин*

Робота будь-якого механічного обладнання, в тому числі подрібнювальних машин супроводжується виділенням теплоти. Теплота є основним чинником всіх без винятку механічних процесів – тертя, деформування, руйнування тощо. При роботі подрібнювальних машин вся механічна енергія перетворюється в тепло за рахунок пружних й пластичних деформацій як подрібнюваного матеріалу, так і робочих органів, що може привести до руйнування матеріалу за рахунок виникнення тріщин і утворення нових площ, інша, незначна частина теплоти виділяється в результаті переборення сил тертя в опорах вузлів і механізмів.

Результати дослідження теплових режимів машин ударно-протираючої дії наведено в табл.1. Для вимірювання температури нерухомих елементів використовувались термоелектричні перетворювачі температури типу ТХА, для вимірювання температури рухомих елементів було застосовано сучасні засоби теплової діагностики [5].

Таблиця 1

**Ступінь нагріву продуктів дрібнення та елементів машин ударно-протираючої дії.**

Тип машини і навантаження	Температура t, °C					
	матеріалу до подрібнення	матеріалу після подрібнення	корпусу	робочих органів	підшипникових вузлів	середовища
Ентолейтор РЗ-БЕР						
100 % навант.	17	74	73	80	52	18
50 % навант.	17	55	53	61	30	
Деташер А1-БДГ						
100 % навант.	17	58	55	65	41	18
50 % навант.	17	35	34	42	30	
Молоткова дробарка ДЗ –П-1						
100% навант.	16	68	65	72	50	17
50 % навант.	16	45	43	50	44	

Дослідження теплових режимів ентолейторів і деташерів проводились на Львівському КХП при подрібненні крупинок на вальцьових верстатах з шороховатою поверхнею валів для розмелених партій зерна пшениці 3-го класу – 40 % і 4-го класу – 60 % вологості 13–14 %. Теплові режими молоткових дробарок досліджувались при подрібненні зерна пшениці 4-го класу вологості 13–14 %.

В результаті дослідження теплових режимів виявлено, що температура в різних точках корпусів машин трьох типів для однієї і тієї ж машини відрізняється лише на 2–3 °C. Різниця між температурами робочих органів однієї і тієї ж машини не перевищує 2 °C. Температура підшипникових вузлів залежить від температури корпусу, тобто з підвищенням його температури, зростає температура підшипникових вузлів і навпаки. Заміна підшипників

кочення в детахері та пошкодженій молотковій дробарці (пошкодження верхньої та нижньої обойм у вигляді раковин завглибшки 0,01–0,08 мм) приводить до підвищення температури підшипникового вузла на 70-95 %. При цьому температура підшипникового вузла на 20-30% перевищувала температуру корпусу.

Зношення робочих органів, внаслідок безпосереднього контакту з подрібнюваним матеріалом, також приводить до зміни теплового режиму подрібнювальних машин. Як приклад, на рис.1 зображено молотки дробарки ДЗ-Т-1 з різним ступенем зношення

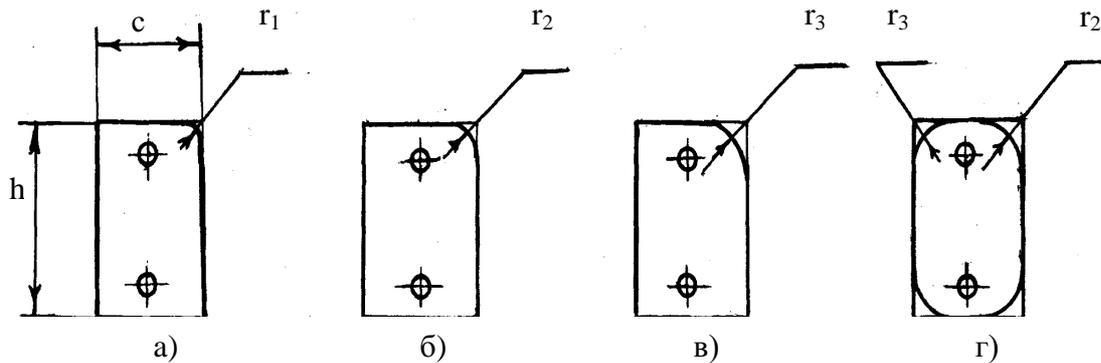


Рис. 1. Молотки з різним ступенем зношення

а)  $0 < r_1 \leq 0,1 c$ ; б)  $0,1 < r_2 \leq 0,25 c$ ; в)  $0,25c < r_3 \leq 0,5 c$ ; г)  $r = 0,5 c$  – зношення всіх чотирьох прямокутних граней

Графічні залежності температури робочих органів і продуктивності молоткової дробарки від параметра  $r$  – який характеризує ступінь зношення молотків при подрібненні зерна пшениці IV класу з вологістю 13–14 % показано на рис. 2 і 3.

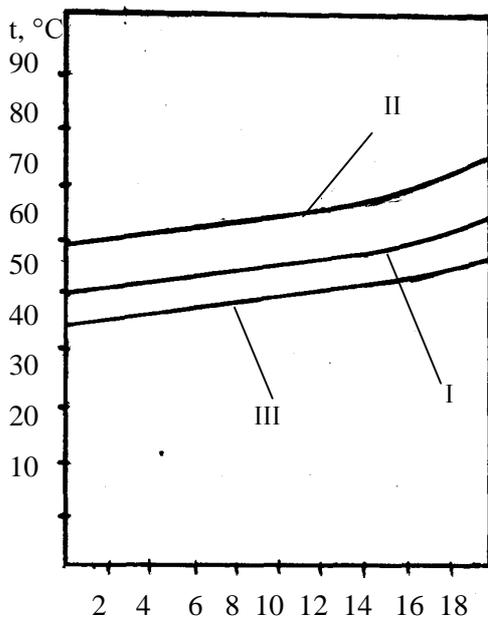


Рис. 2. Залежність температури  $t$  (°C) продуктів на виході із дробарки – I, робочих молотків – II, корпусу – I від ступеня зношення молотків  $r$  (мм).

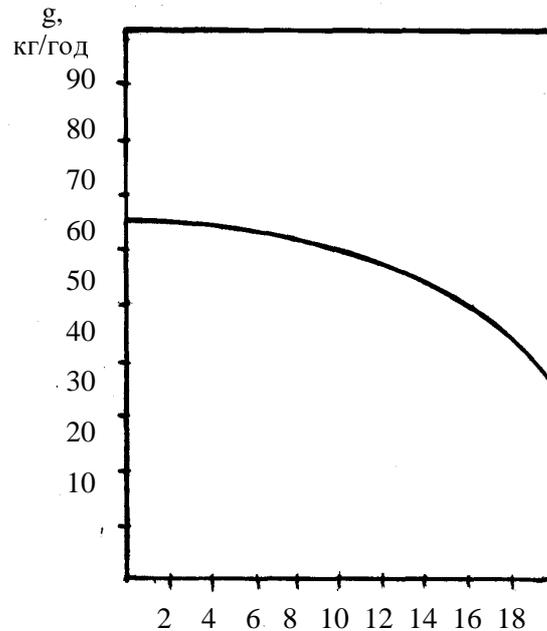


Рис. 3. Залежність продуктивності  $q$  (кг/год) від ступеня зношення молотків  $r$  (мм).

Аналіз залежностей (рис. 2 і 3) показує, що зношення робочих органів молоткової дробарки ДЗ –Т-1 приводить до підвищення температури продуктів на виході із дробарки, робочих органів і корпусу, а також до зниження її продуктивності на 30 % і більше. Аналогічно маємо зношення робочих органів, які перебувають в безпосередньому контакті із подрібнюваним продуктом ентолейторів і деташерів. Зменшення маси робочих органів ентолейтора на 5–7 % від початкового значення приводить до підвищення температури продуктів на виході, а самих робочих органів і корпусу на 6–8 °С. Зменшення маси робочих органів деташера на 10–12 % від початкової маси підвищує температуру названих елементів на 8–11° С. При цьому також спостерігається зниження продуктивності вказаних машин.

Отже, знаючи динаміку зміни температури елементів подрібнювальної машини і її продуктивність, можна з необхідною точністю визначити стан поверхонь і їх робочих органів.

#### *Методика діагностування подрібнювальних машин*

Проведені дослідження режимів роботи подрібнювальних машин ударно-протираючої дії показують, що для оцінки їх технічного стану можна використати певну сукупність функціональних і супутніх параметрів, об'єднаних в комплексні діагностичні системи. Комплексність системи полягає у поєднанні методів тестового та функціонального діагностування. Алгоритм технічного діагностування подрібнювальних машин зображено у вигляді структурної схеми на рис.4.

Перший етап діагностування (контроль параметрів) полягає у зборі вихідних даних, вимірюванні таких параметрів –  $T_{1пр}$  – температура продукту до машини;  $T_{2пр}$  – температура продукту після машини;  $T_c$  – температура середовища,  $q$  – продуктивності машини.

Другий етап (встановлення діагнозу) полягає в порівнянні знайдених на першому етапі діагностування параметрів технічного стану машини з їх допустимими значеннями. Ці допустимі значення визначено в результаті досліджень режимів роботи подрібнювальних машин і зведено в табл. 2.

Таблиця 2

#### **Допустимі значення параметрів технічного стану подрібнювальних машин ударно-протираючої дії**

Параметр	$T_{1пр}, ^\circ\text{C}$	$T_{2пр}, ^\circ\text{C}$	$T_c, ^\circ\text{C}$	$q, \text{кг/год}$
Тип машини				
Ентолейтор РЗ-БЕР	20	80	30	1300
Деташер А1-БДГ	20	65	35	350
Молоткова дробарка ДЗ –Т-1	20	75	35	40

Діагноз вважається позитивним, тобто піддослідна машина знаходиться в працездатному стані, якщо всі параметри набувають значення, які задовольняють систему нерівностей (1).

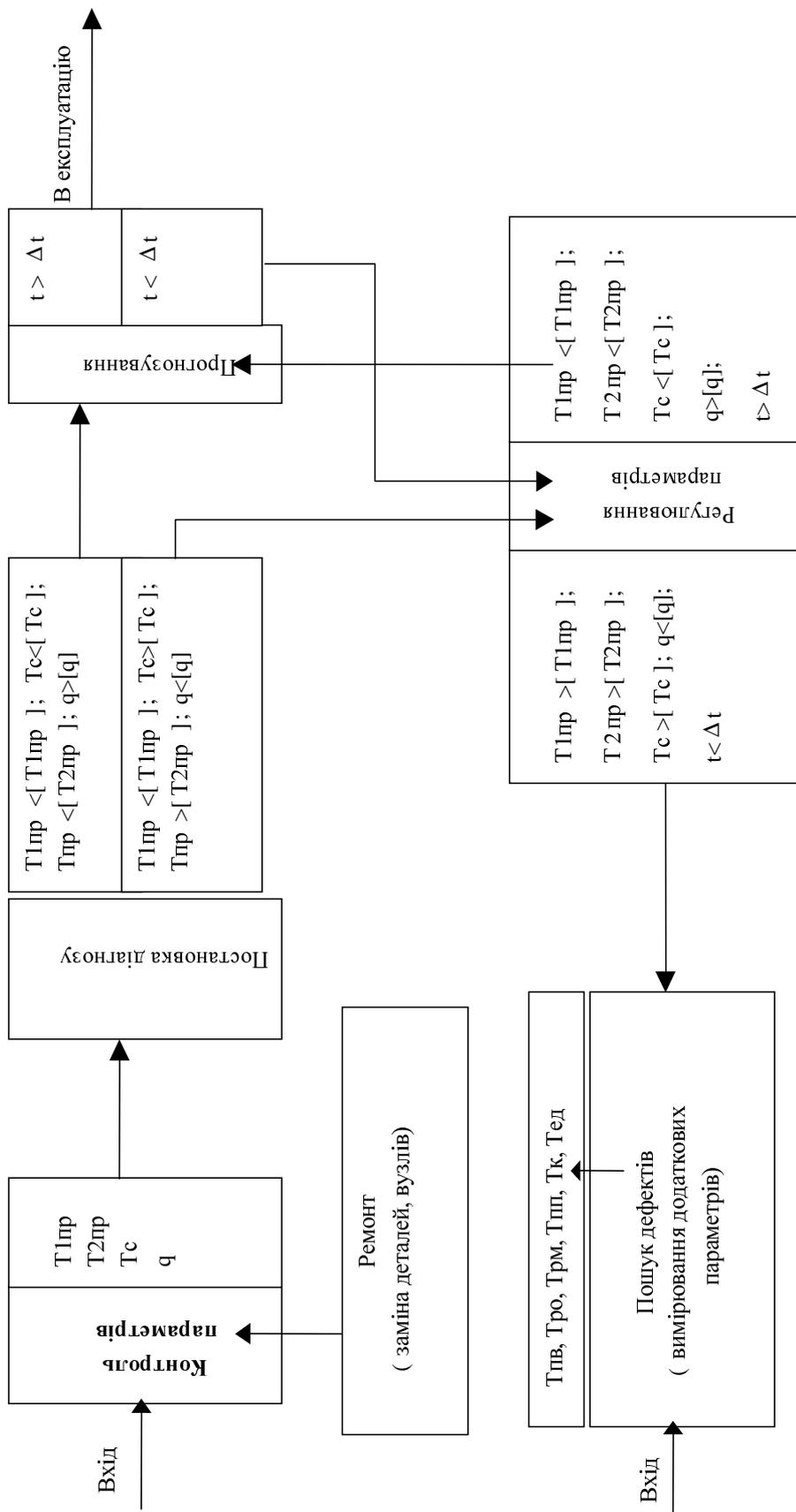


Рис. 4. Схема технічного діагностування подрібнювальних сільськогосподарських машин ударно-протирочної дії

$$\left. \begin{array}{l} T1_{np} < [T_{np}] \\ T2_{np} < [T_{2np}] \\ Tc < [Tc] \\ q > [q] \end{array} \right\} \quad (1)$$

Третій етап (прогнозування) характеризує визначені швидкості зміни параметрів технічного стану, а також термін роботи подрібнювальної машини до стану, при якому значення одного з параметрів перевищить своє допустиме, тобто до стану, при якому хоча б одна із нерівностей системи (1) буде несправедливою.

Позначивши через  $X_0$  – значення одного із параметрів технічного стану в момент часу  $t_0$ , а через  $X_k$  – значення цього ж параметра за проміжок часу  $t_1$ , то інтенсивність зміни вказаного параметра буде визначатись залежністю:

$$\dot{X} = (X_k - X_0) / t_1. \quad (2)$$

Час роботи до стану, при якому вибраний параметр  $X_k$  досягне критичного значення  $Kr$  знайдемо за залежністю

$$t = (Xr - Xc) / \dot{X}. \quad (3)$$

Значення  $t$  доцільно оцінювати за величиною  $\Delta t$  – між діагностичним періодом (час, витрачений між двома сусідніми процесами діагностування). У випадку, коли значення  $t$  менше ніж  $\Delta t$ , проводять четвертий етап діагностування.

Четвертий етап (регулювання параметра) проводять і у випадку, коли при виконанні другого етапу, тобто при встановленні діагнозу хоча б один із параметрів не задовольняє систему нерівностей (1). Суть регулювання полягає в усуненні незначних недоліків, неполадків, що впливають на вказані режими експлуатації. Регулювання може виконуватись як і під час роботи машин (усунення недоліків в системах завантаження, вивантаження продуктів, аспірації, вентиляції), так і при зупинці (регулювання співвідношень валів, виявлення натягів, насадок робочих елементів машин, приводів тощо).

У випадку коли регулюванням не вдається досягти необхідних співвідношень між параметрами технічного стану та їх допустимими значеннями, а також між величинами  $t$  і  $\Delta t$  проводять п'ятий етап діагностування.

П'ятий етап (пошук дефектів) полягає у зборі додаткової інформації – додаткових параметрів технічного стану:  $T_k$  – температури корпусу машини;  $T_{пв}$  – температури підшипникових вузлів;  $T_{ро}$  – температури робочих органів і температури елементів приводу ( $T_{ед}$  – електродвигун,  $T_r$  – муфти чи редуктори,  $T_{пп}$  – пасова передача тощо). Завданням даного етапу є встановлення місць та видів дефектів, пошкоджень чи неполадків, що приводять до порушення роботоздатності машини. Всі перелічені додаткові параметри технічного стану є тепловими, оскільки за рахунок теплопровідності та теплопередачі в елементах піддослідних машин створюються температури, які при справній роботі мають чітко виражені межі. Будь-яка несправність чи дефект спонтанно можуть викликати зміну встановленого теплового режиму, а це, в свою чергу, призведе до зміни температур у тих чи інших елементах машин. Допустимі значення додаткових параметрів технічного стану, які визначено в результаті досліджень режимів роботи подрібнювальних машин, наведено в табл. 3.

**Допустимі значення додаткових параметрів технічного стану подрібнюючих машин ударно-протираючої дії**

Параметр / Тип машини	$T_k, ^\circ C$	$T_{po}, ^\circ C$	$T_{пв}, ^\circ C$	$T_{ед}, ^\circ C$	$T_{р,м}, ^\circ C$	$T_{пп}, ^\circ C$
Ентолейтор	80	85	60	30	-	45
Деташер	60	70	45	35	50	-
Молоткова дробарка ДЗ-Т-1	70	75	55	35	50	-

Результати, зібрані на п'ятому етапі діагностування, служать джерелом інформації для заключного шостого етапу діагностування.

Шостий етап – ремонт, полягає в усуненні причин, котрі привели до виходу за допустимі межі основних та додаткових параметрів технічного стану, тобто до порушення роботоздатності діагностованої машини. На цьому етапі зупиняють машину, встановлюють місце поломки чи несправності та визначають конкретну причину, що привела до такого стану, і, візуально оцінюючи, прямими або посередніми вимірюваннями виявляють несправності деталей чи вузлів, проводять їх заміну, а при наступній зборці, якщо необхідно, то відповідні налагоджувальні роботи.

Після запуску машини та виведення на робочий режим доцільно повторити діагностування.

За матеріалами роботи можна зробити такі висновки:

1. Запропонована система технічної діагностики подрібнювальних машин ударно-протираючої дії дає змогу:

- визначати їх технічний стан за функціональними і сукупними параметрами, контроль яких здійснюють під час роботи.
- виявляти несправності на початкових стадіях та попереджувати серйозні поломки машини.
- визначати місця дефектів, поломок і пошкоджень.

2. Впровадження системи технічного діагностування дозволить оптимізувати технологічні процеси подрібнення, процеси споживання енергії, а також погоджувати режими функціонування технологічних ліній в цілому. Це дасть змогу покращити якість продукції, зменшити витрати праці, сировини і, як наслідок, підвищити конкурентоспроможність підприємств в сучасних ринкових умовах господарювання.

1. Ванкевич П.І., Козут М.С., Затхей Б.І. Структура систем діагностики, контролю, метрології, стандартизації, якості та їх взаємозв'язок // Зб. наук. пр. Проектування виробництва та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. 2000. Вип. 4. С. 22–34.  
 2. Ванкевич П.І. Теплова діагностика вальцювого парку борошномельного підприємства // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні і приладобудуванні. 2000. Вип. 412. С. 60–65.  
 3. Егоров Г.А., Мельников Е.М., Максимчук Б.Н. Технология муки, крупы и комбикормов. М., 1984.  
 4. Филипенко А.М., Тимановський А.В. Механизация переработки и приготовления кормов в личных подсобных хозяйствах. М., 1989.  
 5. Технические средства диагностирования: Справочник / В.В. Клюев, П.П. Пархоменко, В.Е. Ключева. М., 1989.