

УДК 664.9:66.017

Гуць В.С., докт. техн. наук, професор

Полєвода Ю.А., канд. техн. наук, доцент

Симонік Б.В., аспірант

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

ДЕФОРМУВАННЯ В'ЯЗКО-ПРУЖНИХ СИСТЕМ У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Goots V., Dr., Prof.

Polievoda Y., Ph.D., Assoc. Prof.

Symonik B., Postgrad. Stud.

DEFORMATION OF VISCOELASTIC SYSTEMS IN FOOD TECHNOLOGIES

У харчових технологіях робочі органи обладнання (пружини, демпфери, упори, направляючі, вузли тертя тощо) під дією зовнішніх навантажень зазнають змін форми та розмірів. Це зумовлює не лише конструктивні обмеження, але й визначає ефективність технологічних процесів, рівень енерговитрат, стабільність та надійність роботи обладнання. Особливо важливою є поведінка в'язко-пружних систем у пакувальних і транспортно-технологічних лініях, де точність формоутворення та сталість руху продуктів напряму пов'язані з якістю готової продукції.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та математичний опис процесів деформування в'язко-пружних систем, а також визначення енергетичних характеристик їх роботи при різних режимах навантаження. Запропоновані методичні підходи ґрунтуються на рівняннях реодинаміки з урахуванням конструктивних і реологічних властивостей елементів. Це дозволяє створити основу для оптимізації конструкцій і режимів роботи машин з метою зниження енерговитрат, підвищення надійності та ефективності технологічних процесів у харчовій промисловості.

За законами реодинаміки роботу сил пружності у спрощеному вигляді знаходять з рівняння:

$$A = \int_0^h F dy = \int_0^h c y dy = \frac{c h^2}{2} \quad (1)$$

Рівняння (1) дає можливість розрахувати роботу на деформування пружини силою $F=cu$ на величину h , врахувавши її жорсткості c .

З точки зору теоретичної механіки

y - подовження пружини в інтервалі від 0 до h , м;

c – коефіцієнт жорсткості пружини, Н/м;

h – максимальне подовження пружини, м.

Для аналізу розглянуто моделі з паралельним і послідовним з'єднанням пружних та в'язких елементів. У випадку паралельного з'єднання відзначено залежність швидкості деформації від в'язкості демпфера та жорсткості пружини, а також можливість опису поступового деформування при постійному навантаженні. Для послідовного з'єднання показано, що загальна робота системи визначається сумою робіт пружного та в'язкого елементів, що відображає послідовний характер передачі зусиль.

Особливу увагу приділено аналізу випадків, коли зусилля деформування змінюється за лінійним ($F_d=kt$ або $F_d=ky$) та нелінійним законом. У таких режимах отримано рівняння для розрахунку роботи, потужності та енерговитрат.

Взявши до уваги всі умови знайдено швидкість, енергію, швидкість деформування. Приймаючи зусилля деформування $F(t)=F_{cr}$ знайдено роботу A , витрати енергії N . При деформуючому зусиллі $F(y)=k_1y(t)$ і початкових умовах $t=0 \Rightarrow y(0)=y_0$, знайдено швидкість деформування та енергію (роботу) деформування. При лінійному зусиллі $F(t)=F_2e^{at}$ деформування, аналогічно попередньому, знайдено швидкість деформування, енергію (роботу) при $F(t)=F_{cr}$, витрати енергії (потужність) на деформування вважаючи $F(t)=F_2e^{at}$.

Висновки

Розглянуто процеси деформування в'язко-пружних систем та встановлено математичні залежності для опису роботи, швидкості деформації, енерговитрат і потужності при різних законах навантаження.

Показано відмінності у деформуванні систем із паралельним та послідовним з'єднанням пружних і в'язких елементів.

Отримані результати можуть бути використані для оптимізації енергетичних і експлуатаційних характеристик обладнання, підвищення його ефективності у харчових технологіях.

Література

1. Гуць С.В. Теоретичні основи реології харчових систем. – К.: НУХТ, 2015.
2. Guts, V. S., Polyevoda, Yu. A., Tkachuk, I. V., Koval, O. A. 2024. Modeling of the meat salting process in horizontal drums. Vibrations in engineering and technology. 2024. N 1 (112). P. 72-80. [in Ukrainian].
3. Guts, V. S., Polievoda, Y. A., Koval, O. A. 2011. Determination of structural and mechanical characteristics of viscosities dispersed systems. Packaging. N 1. pp. 46-47. [in Ukrainian].
4. Goots V., Solona O., Polievoda Y., Symonik B. Rheology in standardized food formation processes. Вібрації в техніці та технологіях. 2025. № 1 (116). С. 112-119. DOI: 10.37128/2306-8744-2025-1-15
5. Gent A.N. Engineering with Rubber: How to Design Rubber Components. – Carl Hanser Verlag, 2012.
6. Christensen R.M. Theory of Viscoelasticity. – Dover Publications, 2003.