

УДК 621.926

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ МАСШТАБНОГО ПЕРЕХОДУ “ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ – НАТУРАЛЬНИЙ ЗРАЗОК” ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ВІБРОРОТОРНОЇ ДРОБАРКИ СПИРТОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Янович Віталій Петрович к.т.н., ст. викладач

Купчук Ігор Миколайович аспірант

Полєвода Юрій Алікович к.т.н., ст. викладач
Вінницький національний аграрний університет

Yanovich V.

Kupchuk I.

Polevoda Y.

Vinnitsia National Agrarian University

Анотація: в статті, базуючись на теоремах подібності, розроблено методику масштабного переходу фізична модель-натуральний зразок віброторної дробарки крохмаловмістної сировини спиртового виробництва, обґрунтовані критерії та коефіцієнти подібності що дають змогу, на основі експериментальних досліджень фізичної моделі, визначити основні параметри даного переробного обладнання із врахуванням вимог до забезпечення поточності виробництва ще на етапі проектування машини.

Ключові слова: фізична модель, дробарка, подібність, критерії подібності.

Вступ

Сучасний розвиток техніки, зокрема в переробній галузі характеризується високими вимогами до її надійності, обмеженими термінами створення та впровадження в експлуатацію за умови мінімізації витрат на розробку. Одним із шляхів досягнення даних критеріїв можна вважати створення та експериментальне випробування фізичних моделей машин та обладнання, які характеризуються на порядок нижчими матеріальними витратами на створення та експлуатацію і подібні за фізичною суттю із натуральними зразками.

Одним з найважливіших етапів серед механічних процесів при виробництві спирту відзначають подрібнення, оскільки від показників якості вихідної сировини, зокрема дисперсності матеріалу, залежить енергоємність подальшої обробки. Тому у лабораторії Вінницького національного аграрного університету кафедри процесів та обладнання переробних і харчових виробництв була розроблена фізична модель віброторної дробарки, у якій реалізується ідея поєднання ударного та різального впливу робочих органів на оброблюваний матеріал, що дозволяє обробляти як кондиційну сировину так і сировину із підвищеним вмістом вологості без значного зменшення пропускної здатності обладнання та забезпечити своєчасне виведення продукту із зони подрібнення, цим самим нівелюючи надмірну циркуляцію повітряно-продуктового шару, а як наслідок зменшити питомі енерговитрати на означену обробку [1, 2]. Важливою ж умовою впровадження даної машини у виробництво є масштабний перехід від фізичної моделі до натурального зразка, який би забезпечував поточність виробництва, що базується на теорії подібності.

Метою даної роботи є розробка методики масштабного переходу типу "модель-натура" шляхом обґрунтування критеріїв та коефіцієнтів подібності.

Викладення основного матеріалу

Згідно 3-ї теореми М.В. Кірпічова, подібними можна вважати фізичні системи, в яких забезпечується геометрична, кінематична та динамічна подібність, тобто векторні величини

геометрично подібні, а скалярні – пропорційні у відповідних точках простору та момент часу [3].
Тобто:

$$\Pi_1^M, \Pi_2^M, \dots, \Pi_i^M = \Pi_1^H, \Pi_2^H, \dots, \Pi_i^H \quad (1)$$

де Π_i^M, Π_i^H – критерії подібності відповідно моделі та природи.

Для отримання критеріїв подібності скористаємося методом аналізу розмірностей фізичних величин (метод Релея-Павлушенко) [4]. За визначальний показник приймемо продуктивність дробарки Π_θ функціонально залежний від деякого набору параметрів:

$$\Pi_\theta = f(D_p, L_p, \omega, a, T_K, F_C, Q) \quad (2)$$

де D_p – діаметр ротора, м; L_p – довжина ротора, м; ω – кутова частота ротора, c^{-1} ; a – прискорення на кінцях дисків ротора, m/c^2 ; T_K – кінетична енергія на кінцях дисків ротора, Дж; F_C – площа ситової поверхні, m^2 ; Q – подача матеріалу, kg/c .

Розглянемо функціональну залежність, представивши її у вигляді добутку величин що до неї входять у деяких показниках степеня:

$$\Pi_\theta = D_p^{A1}, L_p^{A2}, \omega^{A3}, a^{A4}, T_K^{A5}, F_C^{A6}, Q^{A7} \quad (3)$$

Величини, що входять в рівняння замінимо їхніми розмірностями: $\Pi_\theta = \kappa z / c$;

$$D_p = m; L_p = m; \omega = c^{-1}; a = \frac{m}{c^2}; T_K = \frac{\kappa z \cdot m^2}{c^2}; F_C = m^2; Q = \kappa z / c.$$

$$\left| \frac{\kappa z}{c} \right| = |m|^{A1} |m|^{A2} |c^{-1}|^{A3} \left| \frac{m}{c^2} \right|^{A4} \left| \frac{\kappa z \cdot m^2}{c^2} \right|^{A5} |m^2|^{A6} \left| \frac{\kappa z}{c} \right|^{A7}. \quad (4)$$

Запишемо систему із 3-х рівнянь для одиниць вимірювання (кг, м, с), що зв'язує ці одиниці:

$$\kappa z : 1 = 1A5 + 1A7 \quad (5)$$

$$c : 1 = -1A3 - 2A4 - 2A5 - 1A7 \quad (6)$$

$$m : 0 = 1A1 + 1A2 + 1A4 + 2A5 + 2A6 \quad (7)$$

Рівняння (5), (6), (7) визначають обмеження на фізичні величини, що входять у рівняння (4) та враховують зв'язки між цими величинами, які визначаються їхніми розмірностями. В даному випадку маємо 3 рівняння при 7 змінних, тобто ми можемо вибрати будь-які 3 змінних, виразити їх через решту 4 (табл.1) та шляхом комбінування рівнянь вибрати оптимальний варіант.

Вибираємо варіант із змінними $A7, A3, A1$, які виражені через $A2, A4, A5, A6$:

$$A7 = 1 - A5 \quad (8)$$

$$A3 = 1 - 2A4 - 2A5 - A7 = -2A4 - A5 \quad (9)$$

$$A1 = -A2 - A4 - 2A5 - 2A6 \quad (10)$$

Підставимо отримані $A7, A3, A1$ в рівняння (3):

$$\Pi_\theta = D_p^{(-A2 - A4 - 2A5 - 2A6)}, L_p^{A2}, \omega^{(-2A4 - A5)}, a^{A4}, T_K^{A5}, F_C^{A6}, Q^{(1 - A5)}, \quad (11)$$

та згрупуємо величини з однаковими показниками степеня:

$$\Pi = \left(\frac{L_p}{D_p} \right)^{A2} \left(\frac{a}{D_p \omega^2} \right)^{A4} \left(\frac{T_K}{D_p^2 \omega Q} \right)^{A5} \left(\frac{F_C}{D^2} \right)^{A6}, \quad (12)$$

На основі вище означеного отримуємо критерії подібності для вібророторної дробарки:

$$\Pi_1 = \frac{L_p}{D_p}; \Pi_2 = \frac{a}{D_p \omega^2}; \Pi_3 = \frac{T_K}{D_p^2 \omega Q} = \frac{mv^2}{2D_p^2 \omega Q} = \frac{mr^2 \omega^2}{2(2r)^2 \omega Q} = \frac{m\omega}{8Q} = \frac{V\rho\omega}{8Q}; \Pi_4 = \frac{F_C}{D^2}.$$

Критерії Π_1, Π_4 визначають пропорційність геометричних розмірів моделі та природи, тобто визначають їх геометричну подібність, Π_2 – кінематичну, а Π_3 – динамічну.

Вводимо масштаби подібності:

$$k_l = \frac{D_P^H}{D_P^M} = \frac{L_P^H}{L_P^M}, k_a = \frac{a^H}{a^M}, k_\omega = \frac{\omega^H}{\omega^M}, k_\rho = \frac{\rho^H}{\rho^M}, k_Q = \frac{Q^H}{Q^M}, k_v = k_l^3, k_s = k_l^2. \quad (13)$$

Таблиця 1

Варіанти представлення змінних

Для рівняння (5)	
1	$A5=1-A7$
2	$A7=1-A5$
Для рівняння (6)	
3	$A3=1-2A4-2A5-A7$
4	$A4=(1-A3-2A5-A7)/2$
5	$A5=(1-A3-2A4-A7)/2$
6	$A7=1-A3-2A4-2A5$
Для рівняння (7)	
7	$A1=-A2-A4-2A5-2A6$
8	$A2=-A1-A4-2A5-2A6$
9	$A4=-A1-A2-2A5-2A6$
10	$A5=(-A1-A2-A4-2A6)/2$
11	$A6=(-A1-A2-A4-2A5)/2$

У якості незалежних коефіцієнтів подібності вибираємо k_l , k_ω , k_ρ тоді решта коефіцієнтів:

$$\frac{k_a}{k_l(k_\omega)^2} = 1 \Rightarrow k_a = k_l(k_\omega)^2, \quad (14)$$

$$\frac{k_l^3 k_\rho k_\omega}{k_Q} = 1 \Rightarrow k_Q = k_l^3 k_\rho k_\omega. \quad (15)$$

Звідси можна визначити формули переходу від параметрів моделі до параметрів натурального зразка (табл. 2). Аналогічно можна визначити решту параметрів натурального зразка.

Таблиця 2

Формули переходу модель-натура

Назва параметра	Формули переходу
Лінійний розмір	$L_H = L_M k_l$
Кутова частота ротора	$w_H = w_M k_\omega$
Маса ротора	$m_H = m_M k_v k_\rho$
Швидкість ударних дисків	$v_H = v_M k_\omega k_l$
Подача матеріалу	$Q_H = Q_M k_Q$
Площа поверхонь	$F_H = F_M k_s$
Об'єм робочої камери	$V_H = V_M k_v$
Продуктивність	$\Pi_H = \Pi_M k_Q$

Висновки

Запропонована методика масштабного переходу "модель-натура" вібророторної дробарки, базуючись на експериментальних дослідженнях фізичної моделі, дає можливість адекватно визначити основні параметри даного переробного обладнання із врахуванням вимог до забезпечення поточності виробництва.

Список літератури

1. Пат. на корисну модель № 85270 України, МПК В02С25/00. Вібророторна дробарка / І.П.

Паламарчук, В.П. Янович, І.М. Купчук – власник Вінницький національний аграрний університет № 201307504 – завл. 11.11.2013; опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21.

2. Паламарчук І.П. Обґрунтування режимних параметрів процесу подрібнення зернової крохмалевмістної сировини спиртової промисловості / І.П. Паламарчук, В.П. Янович, І.М. Купчук // Наукові праці ОНАХТ. Серія: Технічні науки. 2014. – №46(т.2) – С. 231-235.

3. Основы теории и техники физического моделирования и эксперимента: Учебное пособие / Н.Ц. Гагапова, А.Н. Колых, Н.В. Орлова, А.Ю. Орлов. – Тамбов, 2014. – 77 с.

4. Тихонов А.И. Основы теории подобия и моделирования (электрические машины): Учеб. пособие / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2011. – 132 с.

References

1. Pat. na korysnu model № 85270 Ukrainy, МРК В02S25/00. Vibrorotorna drobarka / I.P. Palamarchuk, V.P. Yanovych, I.M. Kupchuk – vlasnyk Vinnytskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet № 201307504 – zavl. 11.11.2013; opubl. 11.11.2013, Biul. № 21.

2. Palamarchuk I.P. Obgruntuvannia rezhymnykh parametriv protsesu podribnennia zernovoi krokhmalevmistnoi syrovyny spyrtovoi promyslovosti / I.P. Palamarchuk, V.P. Yanovych, I.M. Kupchuk // Naukovi pratsi ONAKhT. Serii: Tekhnichni nauky. 2014. – №46(t.2) – S. 231-235.

3. Основы теории у технику фзыческого modelyrovanyia у експеримента: Учебное posobyе / N.Ts. Hatarova, A.N. Kolyukh, N.V. Orlova, A.Iu. Orlov. – Tambov, 2014. – 77 s.

4. Tykhonov A.Y. Osnovy teoryu podobyia у modelyrovanyia (elektrycheskye mashyny): Ucheb. posobyе / FHBOUVPO «Yvanovskiy hosudarstvennyi enerhetycheskyi unyversytet ymeny V.Y. Lenyna». – Yvanovo, 2011. – 132 s.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МАСШТАБНОГО ПЕРЕХОДА “ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ – НАТУРАЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ” ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВИБРОРОТОРНОЙ ДРОБИЛКИ СПИРТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: в статье, основываясь на теоремах сходства, разработана методика масштабного перехода “физическая модель-натуральный образец” вибророторной дробилки крохмаломестного сырья спиртового производства, обоснованные критерии и коэффициенты сходства позволяющие на основе экспериментальных исследований физической модели, определить основные параметры данного перерабатывающего оборудования с учетом требований к обеспечению точности производства еще на этапе проектирования машины.

Ключевые слова: физическая модель, дробилка, сходство, критерии подобия.

DEVELOPMENT OF METHODS OF “LARGE-SCALE PHYSICAL MODEL” TRANSITION - SAMPLE OF NATURAL PROJECTING VIBROROTION CRUSHER ALCOHOL INDUSTRY

Summary: this article, based on the similarity theorems, the method of large-scale physical model of transition-natural pattern vibrorotation crusher krokhmalplace raw alcohol production, the criteria and factors which allow similarity, based on experimental studies of physical models to determine the main parameters of the processing equipment, taking into account threading requirements in production at the design stage of the machine.

Keywords: physical model, crusher, similarity, similarity criteria.