УДК 667.64:678.026
М.С. Агєєв
Херсонська державна морська академія

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІТИЧНОЇ МЕХАНІКИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ПЕРЕМІЩЕННЯ МАСИ В РОБОЧИХ ЗОНАХ ЕЛЕМЕНТІВ СЕУ

У представленій роботі на основі методів аналітичної механіки створена модель переміщення маси в робочих зонах насосу з метою отримання оптимальних робочих параметрів . Отримане загальне рівняння дає можливість визначити ступінь стиснення переміщуваної маси в різних зонах робочого органу, швидкість переміщення маси залежно режимів роботи. Отримано приватні рішення, що відповідає руху маси в робочих зонах насосу з постійним радіусом.

Постановка задачі. З метою отримання оптимальних робочих параметрів вперше робиться спроба створення математичної моделі адекватної фізичному процесу переміщення маси в робочих зонах елементів СЕУ. Складність рішення цієї задачі полягає в тому, що при складанні рівнянь динаміки руху оброблюваної маси повинні враховуватися зміна самої маси, змінний крок транспортуючого пристрою і інших геометричних і кінематичних параметрів.

Переміщувана маса може змінюватися у функції часу, координати швидкості. Вже сам цей факт накладає обмеження на вибір методів, для складання рівнянь динаміки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ретроспективно такі питання вирішувалися І.В. Мещерським, а потім А.А. Космодемьянським, на основі принципу близької дії. Згідно цьому принципу передбачається, що відділення або приєднання маси відбувається миттєво і подальшого впливу на рух загальної маси не роблять. Сам факт відділення (приєднання) враховується додатковими змінними, наприклад, додатковою реактивною силою. Подальший істотний розвиток динаміка із змінною масою отримала в роботах В.Р. Ганмахера, П.М. Львовіна, В.С. Новоселова, В.С. Ракита і інших учених. Так в роботі В.С. Ракита була зроблена спроба врахувати вплив зміни маси вугілля і характер руху конвеєра, що коливався, і інші практичні завдання, такі наприклад, як динаміка вагонетки, що автоматично завантажується, намотування канатів і так далі

Мета роботи – на основі методів аналітичної механіки створити модель переміщення маси в робочих зонах насосу з метою отримання оптимальних робочих параметрів.

Розробка моделі фізичного процесу динаміки руху змінної маси. Складність складання рівнянь динаміки руху змінної маси в елементах СЕУ полягає ще і в тому, що разом з дійсною зміною маси на динаміку даної системи роблять вплив такі параметри як змінний крок транспортуючого пристрою β і ρ змінний об'єм вільного простору від місця завантаження до виходу. Ці параметри також повинні враховуватися при складанні математичної моделі.

Зі всіх відомих методів в аналітичній механіці найбільшу простоту при складанні рівнянь динаміки представляють рівняння кінетичної енергії і рівняння Лагранжа, другого роду. Проте як указувалося вище в останні рівняння повинні входити змінні параметри β, ρ і змінна маса, тобто в ці рівняння необхідно ввести додаткові змінні, що значно ускладнює рішення цієї задачі. Навіть в тому випадку, якщо ввести принцип затвердіння, необхідно в праву частину цих рівнянь ввести додаткові узагальнені сили:

$$\frac{d}{dt}\frac{dT}{dq_i}-\frac{dT}{dq_i}=Q_i-R_i;(i=1,2...n), \qquad (1)$$

де Q – узагальнені сили – задані;

R – узагальнені реактивні сили, які повинні враховувати весь "ефект" змінної маси.

Тут приватні похідні від кінетичної енергії означають, що диференціювання кінетичної енергії проводиться в припущенні, що маса в локальних зонах елементів СЕУ не змінюється.

Як видно з рівняння (1) завдання значно ускладнилося, оскільки потрібно визначити додаткову змінну.

Складання рівняння руху маси в елементах СЕУ можна значно спростити, якщо використовувати метод Гиббса-Аппеля, що виключає своєю структурою ці додаткові змінні.

Своєрідність цього методу полягає в тому, що потрібний складання нової динамічної функції, енергії прискорень. У рівняннях енергії прискорень, так само як і в кінематичній енергії, маси повинні враховуватися як твердіння.

У загальному вигляді рівняння енергії прискорень має вигляд:

$$2S = ma^2 + \left[I\varepsilon^2 + m\omega^4 \right], \qquad (2)$$

де m – змінна маса;

I – приведений момент інерції шнека;

a – прискорення переміщуваної маси;

ε – кутове прискорення шнека;

ω – кутова швидкість шнека.

Оскільки маса, що переміщується, геометричні параметри та швидкість обертання шнека, у загальному випадку є змінними то рівняння кінетичного зв'язку, що описує швидкість руху частки в різних зонах насосу запишеться у вигляді:

$$V^2 - \varphi^2(\beta^2 - \rho^2) = 0, \qquad (3)$$

де φ – кутова швидкість обертання шнека;

β – змінний крок спіралі шнека;

ρ – змінний радіус умовної утворюючої поверхні шнека для різних зон насосу.

Рівняння енергії прискорень, без урахування складного руху частинок, в даній області робочого органу запишеться:

$$2S = I + m(\beta^2 + \rho^2)\omega''^2 + 2m\omega''\omega'(\beta\beta' + \rho\rho'), \qquad (4)$$

де I – момент інерції шнека;

m – переміщувана маса;

ω' – кутова швидкість;

ω'' – кутове прискорення.

а рівняння динаміки в загальному вигляді матиме вигляд:

$$\frac{dS}{d\omega_i''} = Q_i (i = 1,2...n) \qquad (5)$$

Узагальнені сили визначені з урахуванням рівняння кінематичного зв'язку:

$$Q = M - P\sqrt{\beta^2 + \rho^2} \qquad (6)$$

де M – момент, що крутить, на шнеку;

P – сили опору.

Підставляючи (4) і (6) в рівняння Гиббса-Аппеля отримуємо:

$$\frac{1}{2}I + m(\beta^2 + \rho^2)\omega'' \; + m\omega'(\beta\beta' + \rho\rho') = M - P\sqrt{\beta^2 - \rho^2} \quad (7)$$

Із загального рівняння (7) можна визначити ступінь стиснення переміщуваної маси в різних зонах насосу; швидкість переміщення маси залежно, що відповідає продуктивності насосу, в цьому випадку рівняння (7) з урахуванням рівняння (3) перетвориться до вигляду:

$$V = \frac{\omega'}{a}\left[\begin{array}{l} \dfrac{(\beta^2+\rho^2)(M - P\sqrt{\beta^2+\rho^2}}{I + m(\sqrt{\beta^2+\rho^2})} - \omega'(\beta\beta' - \rho\rho') - \\ \dfrac{\omega' m(\beta^2+\rho^2)(\beta\beta' + \rho\rho')}{I + m(\beta^2+\rho^2)} \end{array}\right] \quad (8)$$

Прискорення переміщуваної маси уздовж осі шнека у вигляді спіралі запишеться:

$$a = \frac{1}{\sqrt{\beta^2+\rho^2}}\left[\begin{array}{l} \dfrac{(\beta^2+\rho^2)(M - P\sqrt{\beta^2+\rho^2}}{I + m(\sqrt{\beta^2+\rho^2})^2} - \omega'(\beta\beta' - \rho\rho') - \\ \dfrac{\omega' m(\beta^2+\rho^2)(\beta\beta' + \rho\rho')}{I + m(\beta^2+\rho^2)} \end{array}\right] \quad (9)$$

Із загального рівняння (7) можна отримати приватні рішення:

$$\omega' = const \quad \beta \neq const \quad \rho \neq const$$

$$m\omega'(\beta\beta' + \rho\rho') = M - P\sqrt{\beta^2 - \rho^2} \quad (10)$$

$$\omega' \neq const \quad \beta = const \quad \rho \neq const$$

$$I + m(\beta^2 + \rho^2)^2\omega'' + m\omega\rho\rho' = M - P\sqrt{\beta^2 - \rho^2} \quad (11)$$

$$\omega' \neq const \quad \beta \neq const \quad \rho = const$$

$$I + m(\beta^2 + \rho^2)^2\omega'' + m\omega\beta\beta' = M - P\sqrt{\beta^2 - \rho^2} \quad (12)$$

Висновки: отримано загальне рівняння із якого можна визначити ступінь стиснення переміщуваної маси в різних зонах насосу, швидкість переміщення маси залежно від технологічних режимів , що відповідає продуктивності насосу. Отримано приватні рішення, що відповідає руху маси в робочих зонах насосу з постійним радіусом.

1. Методика определения технологических, эксплуатационных и экономических показателей машин и оборудования. – К.: УНИИМЭСХ, 1973.
2. Тадмор З. Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров. – М.: Химия, 1984. – 632 с.
3. Торнер Р.В. Теоретические основы переработки полимеров. – М.: Химия, 1977, – 460 с.