

УДК 622.61

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ ДВОШВИДКІСНОГО ДВОПРИВОДНОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА

Лавшонок А.В., канд. техн. наук, доц.,  
Хіщенко М.В., канд. техн. наук, доц.,  
Мерзлікін А.В., канд. техн. наук, Лавров К.Г., магістрант,  
Донецький національний технічний університет

*Отримано модель розгону багатоприводного скребкового конвеєра з двошвидкісними двигунами*

*The model of a multi-drive double-speed motor scraper-conveyor speed-up is developed.*

**Проблема та її зв'язок з науковими або практичними задачами.** Скребкові конвеєри є основними засобами механізації доставки вугілля з очисних вибоїв, при цьому усе більш широке застосування знаходять машини, оснащені двошвидкісними асинхронними електродвигунами. Застосування зазначених приводів дозволяє певною мірою підвищити безпеку ведення робіт за рахунок виконання небезпечних операцій на малій швидкості, а також більш ефективно експлуатувати конвеєр, наприклад при неповному завантаженні.

Незважаючи на досить широке застосування скребкових конвеєрів оснащених двошвидкісними асинхронними електродвигунами дотепер не вирішена важлива задача визначення оптимального алгоритму і параметрів переключення швидкостей рознесених приводів. На практиці обслуговуючий персонал визначає параметри запуску після монтажу конвеєра під час налагодження апаратури керування методом проб і помилок, що найчастіше приводить до вибору неоптимальних режимів переключення швидкостей і як наслідок зниження терміну служби окремих вузлів і конвеєра в цілому за рахунок підвищення динамічних навантажень.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Найбільш повні дослідження динаміки скребкових конвеєрів виконані професором І.Г. Штокманом [1]. У його роботах отримане пояснення явища резонансу в тягових ланцюгах, розроблена методика розрахунку динамічних навантажень і вибору основних параметрів конвеєра, що забезпечують зниження динамічних навантажень у скребковому ланцюзі. Значний внесок у

теорію привода скребкового конвеєра внесли Б.А.Скородумов, Л.І.Чугреєв, О.Ф.Вихрів [2, 3]. Їхні роботи поглибили розуміння фізичних процесів у скребковому конвеєрі під час пуску і заклинювання його тягових ланцюгів.

У той же час у відомих роботах питання оптимізації алгоритму переключення двошвидкісних приводів скребкових конвеєрів не розглядаються, через відносно недавній час появи таких машин.

**Постановка задачі.** Під час розгону скребкового конвеєра, оснащеного двошвидкісними асинхронними електродвигунами виникають істотні динамічні перевантаження під час переключення з першої швидкості на другу. У зв'язку з цим становить практичний інтерес розв'язання задачі визначення оптимальних часових параметрів переключення швидкостей двошвидкісних скребкових конвеєрів.

**Виклад матеріалу і результати.** Розрахункова схема визначення параметрів запуску скребкового конвеєра з двома приводами оснащеними двошвидкісними асинхронними електродвигунами, наведена на рисунку 1. Далі будемо розглядати скребковий ланцюг як однорідний непружний стрижень. Як видно з рис. 1, у кінці 1 діють наступні сили: сили тяги  $F_{m1}$ ,  $F_{m2}$  і сила опору  $W_{conp}$ .

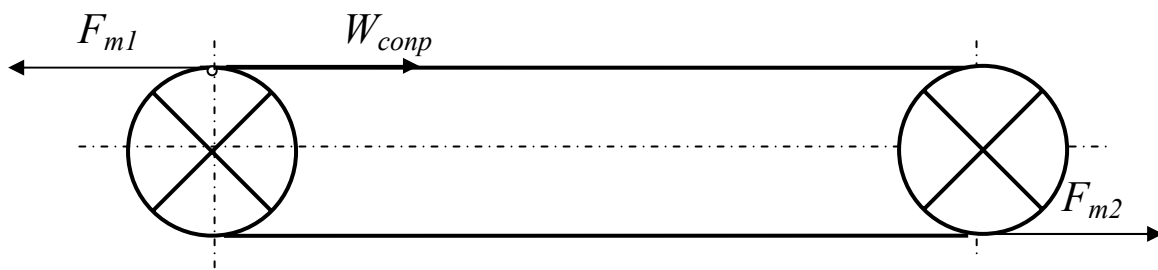


Рисунок 1 – Розрахункова схема визначення параметрів пуску скребкового конвеєра

Сили тяги  $F_{m1}$  і  $F_{m2}$  обумовлюються моментом асинхронного електродвигуна  $M(\omega)$ , що залежить від швидкості обертання вала двигуна  $\omega$ , яка у свою чергу зв'язана із швидкістю руху скребкового ланцюга  $v$ , як  $v = \omega R$ , де  $R$  – радіус приводної зірочки. З урахуванням того, що ланцюг розглядається як однорідний непружний стрижень, сили  $F_{m1}$  і  $F_{m2}$  можна замінити узагальненою силою  $F_m$ .

Сила опору  $W_{conp}$  складається зі статичної сили опору  $W$ , що також залежить від швидкості руху скребкового ланцюга  $v$  і інерційного опору руху, що визначається як добуток приведеної до приводної

зірочки маси рухомих елементів системи  $M_{np}$  на прискорення ланцюга  $a$ .

Сила опору  $W$ , направлена уздовж подовжньої осі жолоба, руху вантажу по бічних стінках і дну жолоба дорівнює

$$W = qL \left[ w \left( 1 + \frac{(1,2+v)H}{(1+\sin\varphi)B} \right) \cos\beta \pm \sin\beta \right], \quad (1)$$

де:  $q$  – вага вантажу на 1 метрі довжини жолоба;

$L$  – довжина конвеєра;

$w$  – сумарний коефіцієнт опору руху вантажу;

$H$  – висота шару вантажу;

$B$  – внутрішня ширина вантажу;

$\varphi$  – кут внутрішнього тертя вантажу;

$\beta$  – кут нахилу конвеєра.

Сила тяги  $F_m$  визначається як

$$F_m = \frac{M}{R}, \quad (2)$$

Момент асинхронного електродвигуна залежить від швидкості обертання вала двигуна  $\omega$ , що через радіус приводної зірочки зв'язана зі швидкістю переміщення скребкового ланцюга  $v = \omega R$ . Залежність моменту асинхронного електродвигуна від частоти обертання виражається механічної кривої асинхронного електродвигуна, при цьому, після ряду перетворень:

$$F_T = \frac{2M_k}{R \left( \frac{\omega_0 - v/R}{\omega_0 s_k} + \frac{\omega_0 s_k}{\omega_0 - v/R} \right)}, \quad (3)$$

де  $M_k$  – критичний момент машини;

$s_k$  – критичне ковзання машини;

$\omega_0$  – кутова швидкість магнітного поля машини.

Тому що  $v = \frac{dx}{dt}$ , а  $a = \frac{d^2x}{dt^2}$ , рівняння, що описує рух скребкового ланцюга запишеться у вигляді:

$$\frac{2M_k}{R} \left( \frac{\omega_0 - \frac{dx}{dt}/R}{\omega_0 s_k} + \frac{\omega_0 s_k}{\omega_0 - \frac{dx}{dt}/R} \right)^{-1} = qLw \left( 1 + \frac{\left( 1,2 + \frac{dx}{dt} \right) H}{(1+\sin\varphi)B} \right) + M_{np} \frac{d^2x}{dt^2}, \quad (4)$$

де  $x$  – переміщення скребкового ланцюга в будь-який довільно узятій точці (рис. 1)

Для того щоб розв'язати отримане диференціальне рівняння (4), перетворимо його і запишемо у формі Коши:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{M_{np}} \left[ \frac{2M_k}{R} \left( \frac{\omega_0 - \frac{dx}{dt}/R}{\omega_0 s_k} + \frac{\omega_0 s_k}{\omega_0 - \frac{dx}{dt}/R} \right)^{-1} - qLw \left( 1 + \frac{\left(1,2 + \frac{dx}{dt}\right)H}{(1 + \sin \varphi)B} \right) \right]. (5)$$

В результаті чисельного розв'язання рівняння (5) можуть бути отримані характеристики розгону і переключення швидкостей двошвидкісного скребкового конвеєра. Для цього був використаний метод Рунге-Кутта 4-го порядку з перемінними (у часі) коефіцієнтами, що визначають параметри приводів на різних швидкостях по заданому алгоритму.

Результати розрахунків наведені на рисунках 2 і 3, де наведені характеристики скребкового конвеєра при переключенні зі зниженої на підвищену швидкість.

На рисунках лінія 1 – залежності швидкості і зусилля, що розтягує, при одночасному переключенні швидкостей на головному і хвостовому приводах, лінія 2 - відповідає ситуації, коли хвостовий привод переключається через 2 секунди після головного, а лінія 3 - показує ситуацію, коли хвостовий привод відключається через 1 секунду після початку переключення головного, а включається на другу швидкість через 2.5 секунди після цього.

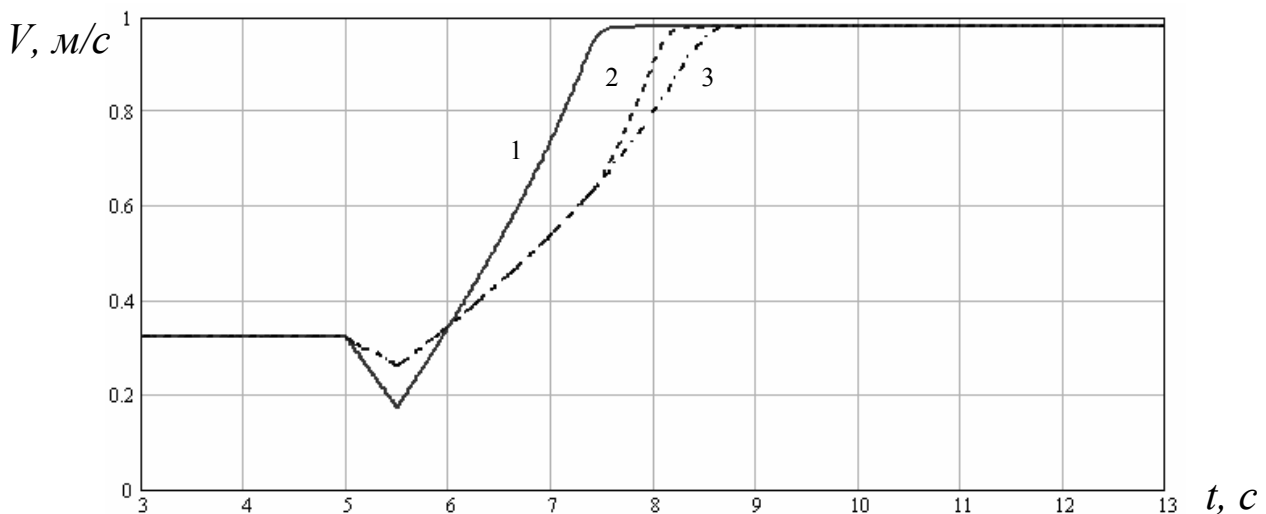


Рисунок 2 – Швидкість ланцюга при переключенні швидкостей

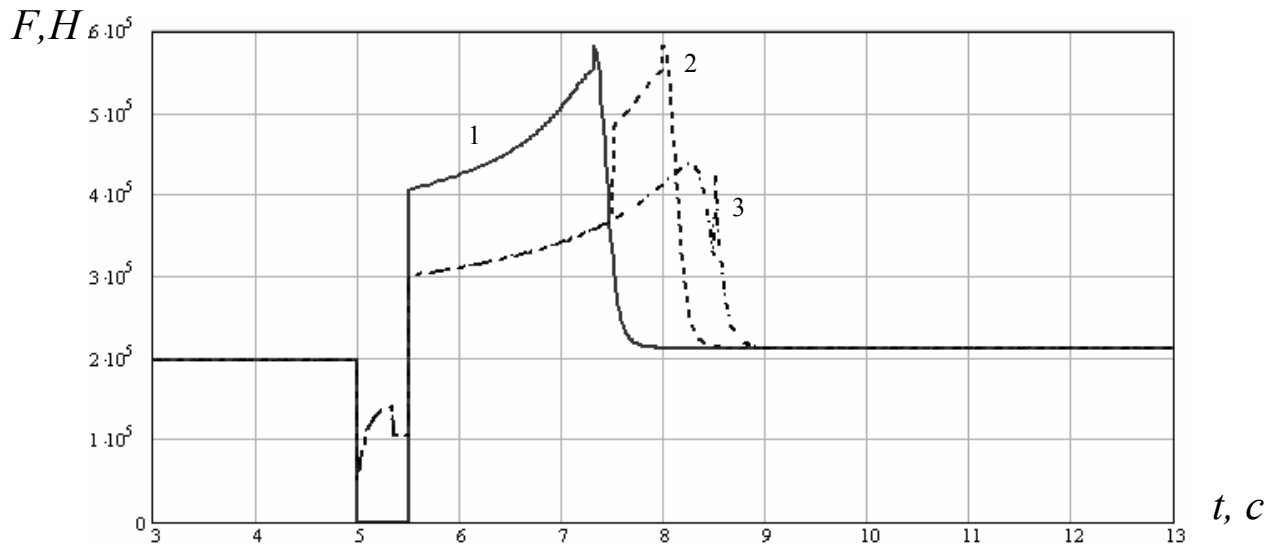


Рисунок 3 – Зусилля при переключенні швидкостей.

### ***Висновки й напрямок подальших досліджень.***

Отримано математичну модель, яка дозволяє визначати залежності швидкості руху скребкового ланцюгу від часу при запуску конвеєра, а також при переключенні швидкості зі зниженої на підвищену. Математична модель враховує основні параметри конструкції скребкових конвеєрів та умов їх експлуатації. Результати моделювання для окремих параметрів часу переключення головного та хвостового приводів конвеєра показали суттєву залежність динамічних перевантажень від цих параметрів. Це дозволяє у перспективі вибирати оптимальні параметри та алгоритм переключення швидкостей таких конвеєрів з урахуванням конструктивних параметрів конвеєра та реальних умов його експлуатації.

Список джерел.

1. Штокман И.Г., Эппель Л.И. Прочность и долговечность тяговых органов. – М.: Недра, 1967. – 231 с.
2. Давыдов Б.Л., Скородумов Б.А. Динамика горных машин. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 335 с.
3. Расчет и конструирование горных транспортных машин и комплексов. Под общ. ред. Проф. И.Г. Штокмана. - М.: Недра, 1975. – 464 с.

Дата поступления статьи в редакцию: 31.10.08