

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ РУХУ В СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРАХ

Стрічкові конвеєри є одним з найбільш поширених засобів транспортування в промисловості. Значні робочі навантаження та велика протяжність конвеєрних ліній обумовлюють високий рівень енергоспоживання. Показник споживання енергії впливає на собівартість продукції та обумовлює економічну ефективність підприємства, промисловості, тому дослідження факторів, що впливають на рівень споживання енергії стрічкових конвеєрів є актуальним науково-технічним завданням.

У процесі руху стрічки конвеєра відбувається циклічна деформація гумового шару стрічки від впливу ваги об'єкту транспортування, що супроводжується внутрішнім тертям у матеріалі та втратами енергії. Отже для заощадження енергії необхідно проаналізувати силу тертя, яку зазнає конвеєрна система під час роботи [1-6].

Опір коченню при вдавлюванні є домінуючою складовою сил тертя у стрічкових конвеєрах та становить понад 60% сумарних втрат енергії. Зменшення даного виду опору дозволить суттєво знизити споживання енергії [1-6].

Зазвичай стрічка конвеєру легкої промисловості складається з трьох шарів. Перший і третій шари називають верхній та нижній покривними шарами, основним матеріалом яких є гума або полімерні композитні матеріали. Верхній шар виконує транспортну функцію, та сприймає основне навантаження від маси об'єкту транспортування, нижній покривний шар передає навантаження на ролики конвеєра. Другий шар – серцевина стрічки.

Ролик взаємодіє з нижнім шаром стрічки та вантажем, що знаходиться на ній. У зоні взаємодії ролика та еластичного матеріалу, з якого виготовлено нижній шар стрічки, виникає момент опору коченню при вдавлюванні, зумовлений в'язкопружними властивостями матеріалу [1-6].

Формули опору коченню при вдавлюванні мають розбіжності у різних авторів в залежності від в'язкопружних характеристик матеріалу з якого вироблено ролик та стрічка. Багатoeлементна модель Максвела дозволяє комплексно врахувати фактори, що впливають на виникнення опору кочення при вдавлюванні. На рис. 1 відображено принципову схему взаємодії ролика з конвеєрною стрічкою [4].

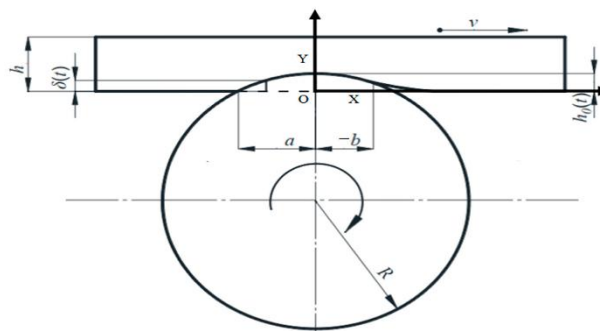


Рис 1. Принципова схема конвеєрної стрічки та натяжного ролика.

Де: h – товщина конвеєрної стрічки;

t – час роботи конвеєрної стрічки;

$\delta(t)$ – глибина заглиблення з абсцисою $a - vt$;
 $h_0(t)$ – глибина занурення в точці де абсциса дорівнює 0; a - абсциса , що відповідає точці стиканню стрічки з роликом;
 b - абсциса, відповідає точці відокремлення від ролика; R - радіус ролика.
 Швидкість деформації нижнього покривного шару стрічки в даний момент часу t , може бути описана залежністю:

$$\frac{d\varepsilon(t)}{dt} = \frac{v(a - vt)}{Rh}$$

Формула напруження у в'язкопружних матеріалах визначається за формулою [4]:

$$\sigma(t) = \int_0^t E(t - \xi) \frac{d\varepsilon(\xi)}{d\xi} d\xi = \int_0^t \left(E_0 + \sum_{i=1}^N E_i e^{\frac{\xi}{\tau_i}} \right) \frac{v(a - v\xi)}{Rh} d\xi$$

Де:

t – час випробування та час роботи конвеєрної стрічки;
 $E(t)$ – функція модуля релаксації гуми конвеєрної стрічки в момент часу t ; N представляє кількість моделей Максвелла;
 E_i – модуль пружності та спектральна сила релаксації i -ї пружини в $2N+1$ узагальненої моделі Максвелла;
 τ_i – це відношення в'язкості i -го липкого горщика до E_i i -ї пружини, який також відомий як i -й час релаксації ; E
 0 – значення $E(t)$, коли час нескінченний, тобто рівноважний модуль.
 Підставивши рівняння можна отримати опір коченню при вдавлюванні.

Опір коченню при вдавлюванні є визначальним фактором енергоспоживання стрічкових конвеєрів. Оптимізація параметрів та конструкції роликів, вибір матеріалів стрічки з низьким рівнем внутрішнього демпфування, вибір оптимальної швидкості стрічки конвеєру дозволяє підвищити енергоефективність транспортних систем.

Список посилань

1. C. Wheeler, P. J. Munzenberger Rolling resistance of steel cord conveyor belts due to indentation : pseudo-3D viscoelastic finite element analysis. Newcastle, New South Wales, Australia : Digital Repository of the University of Newcastle, 2008. Vol. 1.
2. C. Wheeler, P. J. Munzenberger Prediction of the influence of conveyor belt carcass properties on indentation rolling resistance. Würzburg : Vogel Transtech Publishing, 2009. Vol.
3. S. Hötte, S. von Daacke, L. Schulz, L. Overmeyer, T. Wennekamp Path to DIN 22123 — indentation rolling resistance of conveyor belts // Bulk Solids Handling. 2012. Vol. 32. P. 48–52.
4. Wan, L.; Lin, F. Simulation and Experimental Study on Indentation Rolling Resistance of a Belt Conveyor. Machines 2024, 12, 778. <https://doi.org/10.3390/machines12110778>
5. Z. Lu Calculation and analysis of the main resistance of long-distance belt conveyor // Coal Mining Machinery. 2019. Vol. 40. P. 1–3.
6. P. Munzenberger, C. Wheeler Laboratory measurement of indentation rolling resistance of conveyor belts // Measurement. 2016. Vol. 94. P. 909–918.