

Одеський національний політехнічний університет,  
проспект Шевченка, 1, м. Одеса, 65044, Україна

*There was offered a construction of spring-ball buffer unit. In dependence of two criteria there was found an effectiveness of such unit in relation on: power ability and energy consumption factor. It was shown, that effectiveness of spring buffering unit much more (in 1,5 times) exceeds the effectiveness of existing units.*

Для зменшення динамічних навантажень на мостових і козлових кранах встановлюють буферні пристрої. Ефективність буферних пристроїв оцінюють за двома критеріями: енергоємності – кількості енергії, котру буферний пристрій може накопичити, і коефіцієнта поглинання – відношення поглиненої енергії до енергоємності [1].

Практика експлуатації вантажопідійомних кранів підтверджує, що навіть при оснащенні буферними пристроями (як правило, пружинними або гумовими) наїзд таких кранів на упори призводить до великих динамічних навантажень, і як наслідок, до аварійних ситуацій. Це обумовлено, в першу чергу, недостатньою енергоємністю гумових та пружинних кранових буферних пристроїв [2]. Гідравлічні буферні пристрої можуть поглинути більшу кількість енергії і працюють без віддачі. Але складність конструкції і необхідність постійного обслуговування зменшують їх практичне застосування у кранобудівництві [3].

Для підвищення надійності роботи кранів і вантажних візків пропонується пружинно-кульковий буферний пристрій. Основою цього пристрою є кульковий передавальний механізм [4], котрий складається з послідовно розташованих комплектів кульок, при цьому кожний комплект має верхню кульку і декілька (наприклад, дві, три, чотири, п'ять) нижніх кульок. Кожна верхня кулька розташована поміж декількома нижніми кульками. Крайні комплекти кульок підтиснуті пружинами. Характерною особливістю цього механізму є те, що потрібна сила пружин, котрі підтискають крайні комплекти кульок тим менша, чим більше послідовно розташованих комплектів кульок.

Аналітична залежність для визначення енергоємності пружинно-кулькового буферного пристрою показує, що енергоємність цього пристрою підвищується за рахунок збільшення кількості послідовно розташованих комплектів кульок. Це дозволяє забезпечити необхідну енергоємність буферного пристрою не збільшуючи суттєво габаритні розміри пристрою. Встановлено, що коефіцієнт поглинання пружинно-кулькового буферного пристрою залежить від кута контакту поміж верхніми і нижніми кульками і може досягати значення  $0,85 \div 0,90$ . Порівняльний аналіз існуючих і запропонованого буферних пристроїв підтверджує значно більшу ефективність пружинно-кулькового.

1. Грузоподъемные машины / М.П. Александров, Л.Н. Колобов, Н.А. Лобов и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 400 с. 2. Мартынов А.В. Основы энергоэнтропии машин и процессов на промышленном транспорте. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1997. – 210 с. 3. Справочник по кранам: в 2т. Т2. / М.П. Александров, М.М. Гохберг, А.А. Ковин и др. –Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1988. – 559 с. 4. Семенюк В.Ф., Лингур В.Н. Особенности шарикового передаточного механизма // Праці Одеського політехнічного університету: Науковий та науково-виробничий збірник. – Одеса, 2012. – Вип. 2(39). – С. 55–60.

## РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ БУКСИРУВАЛЬНИХ КАНАТНИХ ДОРІГ

### DEVELOPMENT OF METHODS OF ANALYSIS AND EVALUATION RELIABILITY TOW GABLE CARS

Богдан Сологуб<sup>1</sup>, Віктор Ішук<sup>2</sup>, Наталія Собко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна;

<sup>2</sup>ТзОВ «Світанок»,

вул. Шевченка, 84, м. Львів, 79015, Україна;

<sup>3</sup>Національний лісотехнічний університет України,  
вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна

*The analysis of the structural features tow cable cars. The basic criteria for assessing the effects of mass, energy costs, capacity, maximum effort and accelerations for analysis of road towing and reliability of their elements. As a diagnostic parameter is proposed to use derivatives of basic physical quantities.*

Буксирні канатні дороги широко використовуються, як легкі канатні витяги на лижних трасах. Вони мають намотаний на підпружинений барабан буксирний канат з буксирним захоплювачем на кінці для одного або двох лижників. В літній період, при оснащенні канатної дороги спеціальним буксирним механізмом, вона може використовуватися для виконання лісгосподарських робіт (транспортування посадкового матеріалу, сіна, тощо). Це підвищує ефективність використання легких канатних доріг протягом всього року. Використання універсальних вантажопідіймальних пристроїв вимагає розроблення особливих методів аналізу роботи таких доріг та оцінки їх надійності.

Аналіз відомих досліджень показує, що проблема динамічного розрахунку елементів буксирних канатних доріг становить не тільки актуальну, а і складну наукову задачу.

Для створення універсальних алгоритмів розрахунку таких систем найбільш ефективними є числові методи, зокрема метод скінченних елементів. Для довгомірних канатних систем розрахункову модель можна спростити за рахунок континуалізації механічної системи, що дасть можливість розв'язування задач динаміки звести до інтегрування систем рівнянь з частинними похідними значно нижчого порядку, ніж точна математична модель.

На основі аналізу конструкції буксирних доріг визначаються ключові параметри, що впливають на ефективність їх роботи. Для оцінки основних параметрів можна прийняти безрозмірні показники:  $K1 = \Pi/m$  – критерій оцінки впливу маси ( $\Pi$  – продуктивність дороги;  $m$  – загальна маса обладнання дороги);  $K2 = \Pi/P$  – критерій оцінки впливу витрат енергії ( $P$  – витрати енергії за період підрахунку продуктивності);  $K3 = m/N$  – критерій оцінки впливу потужностей на масу ( $N$  – потужність приводу дороги);  $K4 = F_{\max}/m \cdot g$  – критерій зусилля ( $F_{\max}$  – максимальний натяг канату);  $K5 = a/g$  – критерій прискорення ( $a$  – максимальне прискорення рухомих вантажів при перехідних процесах роботи).

Надійність буксирних канатних доріг оцінюється фізичним і моральним зношенням основних елементів. Фізичне зношення визначають як, середню зважену величину з відсотка зношення окремих елементів:

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{g_i v_i}{100}, \quad (1)$$

де  $v_i = \min(N_{ij}/N)$  – відносна втрата несучої здатності  $i$ -го елемента;  $V$  – ступінь загального фізичного зношення, %;  $n$  – число основних конструктивних елементів;  $g_i$  – питома вага вартості конструктивного елемента у загальній вартості дороги на момент обстеження, %;  $N_{ij}$  – фактична несуча здатність  $i$ -го елемента з врахуванням наявних дефектів і пошкоджень при перевірці  $j$ -го типу;  $N$  – те ж згідно проекту.

Моральне зношення визначається двома формами. Моральним зношенням першої форми називають зниження вартості дороги у часі порівняно з первісною вартістю, що пов'язано зі зменшенням узагальненої праці, необхідної для зведення таких самих доріг на момент оцінювання. Моральне зношення першої форми, %, визначають за формулою

$$M1 = \frac{(a - B) \cdot 100}{a}, \quad (2)$$

де  $a$  – первісна вартість буксиру вальної дороги, грн;  $B$  – відновлювальна вартість дороги, грн.

Моральним зношенням другої форми називають старіння дороги внаслідок його невідповідності на момент оцінювання нормативним вимогам, чинним у даний період часу. Моральне зношення другої форми, % знаходять за формулою:

$$M_2 = \left( \frac{C}{B} \right) \cdot 100, \quad (3)$$

де  $C$  – вартість ремонтно-реконструктивних заходів, спрямованих на усунення морального зношення другої форми, грн.

Тоді загальне зношення можна визначити за формулою:

$$V_0 = V + M - \frac{V \cdot M}{100}, \quad (4)$$

де  $M = M_1 + M_2$ .

Фізичне зношення можна зменшити шляхом капітального ремонту, а моральне – шляхом модернізації.

Аналіз роботи та оцінка надійності буксирних канатних доріг дозволить підвищити ефективність їх використання для переміщення лижників і транспортування вантажів.

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ККД ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

### WAYS OF INCREASE OF HIGH-SPEED GEAR ENERGY EFFICIENCY

**Валерій Ставицький, Павло Носко, Сергій Романов**

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля,  
кв. Молодіжний, 20-а, м. Луганськ, 91034, Україна*

*Criteria of similarity of processes of rotation and meshing of gear-wheels are offered as dimensionless complexes. Criterion information necessary and sufficient for optimization of structural decisions is summarized. Criterion equation of connection is derived; being in compliance with the equation allows for calculations of gear parameters based on the exploitation speeds and loading modes, taking into account materials and heat treatments of gear-wheels and types and descriptions of lubricating material.*

Досліджено можливі шляхи підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) високошвидкісних зубчастих передач, що існують та при проектуванні нових енергозберігаючих передач.

Проведено математичне моделювання процесів обертання і зачеплення циліндричних зубчастих коліс за різних умов змащування. Отримано аналітичні залежності впливу геометричних і конструктивних параметрів зубчастих передач, умов і режимів експлуатації на їх ККД.

Сформовано основи методу системного багатопараметричного аналізу енергетичної ефективності високошвидкісних зубчастих передач різного призначення залежно від режимів і умов їх експлуатації. Працездатність методу проілюстровано на прикладах реальних конструкцій високошвидкісних зубчастих передач. Показано, що для будь-якої передачі існують оптимальна колова швидкість і ширина зубчастого вінця, за яких ККД передачі набуває максимального значення.

Запропоновано інваріанти подібності процесів обертання і зачеплення зубчастих коліс у вигляді безрозмірних комплексів, які узагальнюють критеріальну інформацію необхідну і достатню для оптимізації конструктивних рішень у кожному конкретному випадку без проведення складних додаткових розрахунків. Застосування запропонованих інваріантів дозволяє розповсюдити результати дослідження на множину інших зубчастих механізмів з кількісними параметрами, що варіюються в широких межах, при дотриманні певних умов аерогідродинамічної і геометричної подібності. Розроблено метод проектування енергозберігаючих високошвидкісних зубчастих передач, який базується на виборі оптимальних відносних колісних швидкості і ширини зубчастого вінця шестерні та теорії подібності.