



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **136096** (13) **U**  
(51) МПК (2019.01)  
**B61C 15/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2018 11984</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>03.12.2018</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>12.08.2019</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>12.08.2019, Бюл.№ 15</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Горбунов Микола Іванович (UA), Ковтанець Максим Володимирович (UA), Кравченко Катерина Олександрівна (UA), Бурейка Гінтаутас (LT), Герліці Юрай (SK), Вайчюнас Гедімінас (LT), Ноженко Володимир Сергійович (UA), Ковтанець Тетяна Миколаївна (UA), Просвірова Ольга Вікторівна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ,</b> проспект Центральний, 59-а, м. Севєродонецьк, Луганська обл., 93406 (UA)</p>
--	--

## (54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛОКОМОТИВІВ

### (57) Реферат:

Спосіб підвищення тягових властивостей локомотивів полягає у вирівнюванні навантажень по колісних парах локомотива. При встановленні на візок тягових електродвигунів попередньо вимірюють тягові характеристики тягових електродвигунів та, згідно з визначеними обертаючими моментами, виконують селективний підбір тягових електродвигунів по окремим колісним парам локомотива з урахуванням вертикальних навантажень від колісної пари на рейки при реалізації сили тяги, різниці коефіцієнтів зчеплення кожної колісної пари з рейковою колією, керуючись цільовою функцією, у якій враховують основні фактори, що впливають на тягові якості локомотива.

UA 136096 U



Корисна модель належить до галузі залізничного транспорту, а саме до способів поліпшення тягових властивостей локомотивів.

Відомо спосіб підвищення тягових властивостей локомотивів, який полягає у вирівнюванні навантажень по колісних парах локомотива [див. Филонов С.П. Тепловоз 2ТЄ116 / СП. Филонов, А.И. Гибалов, Е.А. Никитин и др... 3-е узд., переаб. и доп. - М.: Транспорт, 1996. - 334 с.]. Цей спосіб вибрано за прототип.

Недоліком відомого способу підвищення тягових властивостей локомотивів є негативний вплив різниці обертаючих моментів тягових електродвигунів (ТЕД) на тягові властивості локомотива внаслідок нерівномірності розподілу сили тяги локомотива по окремих осях (згідно з ДСТУ 2582-81 [2] допуск на відхилення обертаючого моменту тягового електродвигуна складає  $\pm 5\%$ ), а також при встановленні тягових електродвигунів на кожній осі не враховуються різні довжини струмопроводів та зрівнюють додатковим встановленням зрівнюючих опорів, які нагріваються під дією струму і складають додаткові втрати.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу підвищення тягових властивостей локомотивів шляхом того, що при встановленні на візок тягових електродвигунів (ТЕД) попередньо вимірюють тягові характеристики тягових електродвигунів та, згідно з визначеними обертаючими моментами, виконують селективний підбір тягових електродвигунів по колісним парам локомотива з урахуванням навантаження від колісних пар на рейки та прогнозованої величини коефіцієнта зчеплення під кожною колісною парою, керуючись цільовою функцією.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі підвищення тягових властивостей локомотивів, який полягає у вирівнюванні навантажень по колісних парах локомотива, згідно з корисною моделлю, при встановленні на візок тягових електродвигунів попередньо вимірюють тягові характеристики тягових електродвигунів та, згідно з визначеними обертаючими моментами, виконують селективний підбір тягових електродвигунів по окремим колісним парам локомотива з урахуванням вертикальних навантажень від колісної пари на рейки при реалізації сили тяги, різниці коефіцієнтів зчеплення кожної колісної пари з рейковою колією, керуючись цільовою функцією, у якій враховують основні фактори, що впливають на тягові якості локомотива:

$$\zeta = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{F_{3чmax i}}{F_{max i}} \right] = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{2M_{kpi}(n, \Phi, I, L, R, \Delta_M) \mu \eta_p}{DP_{bi}(\eta_{ki} \eta_{ei}) \Psi_i^{max}(\epsilon_i^{kp})} \right] \xrightarrow{\epsilon_i^{kp} \rightarrow \min} > 1 ;$$

$$F_{3чmax i} \leq F_{max i}$$

де  $F_{3чmax i}$  - максимальна сила зчеплення окремої колісної пари,  $F_{max i}$  - максимальна сила тяги окремої колісної пари,  $n$  - кількість осей локомотива,  $M_{kpi}(n, \Phi, I, L, R, \Delta_M)$  - обертальний момент ТЕД окремої колісної пари, який залежить від частоти обертання  $n$ , магнітного потоку  $\Phi$ , сили струму  $I$  ТЕД, довжини  $L$  та опору  $R$  струмопроводів,  $\Delta_M$  - відхилення обертального моменту тягового електродвигуна від номінального значення в межах допуску на його відхилення;  $\mu$  - передаточне число тягового редуктора,  $\eta_p$  - ККД тягового редуктора,  $D$  - діаметр колеса,  $P_{bi}(\eta_{ki} \eta_{ei})$  - вертикальне навантаження на вісь, яке залежить від статичного та динамічного перерозподілу навантажень, конструктивних параметрів локомотива  $\eta_{ki}$  та експлуатаційних факторів  $\eta_{ei}$ ;  $\Psi_i^{max}$  - максимальний коефіцієнт зчеплення, який досягається при критичному ковзанні  $\epsilon_i^{kp}$ .

Основними перевагами корисної моделі, у порівнянні з відомим способом, є: підвищення тягових та зчіпних властивостей локомотива внаслідок розподілення тягових електродвигунів, згідно з їх обертаючими моментами, по окремим колісним парам з урахуванням навантажень та умов по зчепленню окремих колісних пар; зменшення ймовірності виникнення боксування; підвищення ефективності експлуатації локомотива.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де зображено: фіг. 1 - графік розподілу сили тяги  $F$  та проковзувань  $\epsilon$  по колісних парах  $N$  локомотива; фіг. 2 - графік розподілу вертикальних навантажень від колісних пар на рейки маневрового тепловоза ТЕМ 103;

фіг. 3 - графік розподілу вертикальних навантажень по колісних парах магістрального тепловоза 2ТЄ116;

фіг. 4 - графік розподілу максимальної сили тяги окремої колісної пари і її максимальна сила тяги по зчепленню по колісних парах маневрового локомотива ТЕМ 103;

фіг. 5 - графік розподілу максимальної сили тяги окремої колісної пари і її максимальна сила тяги по зчепленню по колісних парах магістрального тепловоза 2ТЕ116;

5 фіг. 6 - графік розподілу максимальної сили тяги окремої колісної пари і її максимальна сила тяги по зчепленню при селективному підборі ТЕД по колісних парах маневрового локомотива ТЕМ 103;

фіг. 7 - графік розподілу максимальної сили тяги окремої колісної пари і її максимальна сила тяги по зчепленню при селективному підборі ТЕД по колісних парах магістрального тепловоза 2ТЕ116;

10 фіг. 8 - таблиця результатів досліджень впровадження селективного підбору ТЕД по колісних парах локомотивів ТЕМ 103 та 2ТЕ116.

Для реалізації задачі максимальних тягових зусиль, а також способу підвищення тягових властивостей локомотивів, необхідно визначити вплив перерозподілу вертикального навантаження від колісних пар на рейку, різницю умов по зчепленню окремих колісних пар, розбіжність обертаючих моментів тягових електродвигунів (ТЕД) по колісних парах локомотива. Взаємозв'язаний і взаємозалежний характер змінюючих у процесі експлуатації параметрів системи "екіпаж-шлях" визначає необхідність комплексного підходу до аналізу тягово-зчіпних можливостей при його проектуванні і подальшому практичному використанні. Крім перерозподілу вертикальних навантажень на зчіпні якості значно впливає коефіцієнт зчеплення, що залежить від рівня і структури забруднень, температури в контактї, швидкості руху, різниці обертаючих моментів по колісних парах локомотива.

20 Складають цільову функцію, яка дозволяє прогнозувати резерв і напрямок досліджень по підвищенню тягових властивостей локомотива. Фізичний зміст функції полягає в тому, що кожна колісна пара повинна реалізовувати максимально можливу силу тяги в даних умовах взаємодії колісної пари з рейковою колією:

$$Ц = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{F_{зч\max i}}{F_{\max i}} \right] = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{2M_{кpi}(n, \Phi, I, L, R, \Delta_M) \mu \eta_p}{D P_{Bi}(\eta_{ki} \eta_{ei}) \Psi_i^{\max}(\varepsilon_i^{kp})} \right] \xrightarrow{\varepsilon_i^{kp} \rightarrow \min} 1;$$

$$F_{зч\max i} \leq F_{\max i}$$

де  $F_{зч\max i}$  - максимальна сила зчеплення окремої колісної пари,  $F_{\max i}$  - максимальна сила

30 тяги окремої колісної пари,  $n$  - кількість осей локомотива,  $M_{кpi}(n, \Phi, I, L, R, \Delta_M)$  - обертальний момент ТЕД окремої колісної пари, який залежить від частоти обертання  $n$ , магнітного потоку  $\Phi$ , сили струму  $I$  ТЕД, довжини  $L$  та опору  $R$  струмопроводів,  $\Delta_M$  - відхилення обертального моменту тягового електродвигуна від номінального значення в межах допуску на його відхилення;  $\mu$  - передаточне число тягового редуктора,  $\eta_p$  - ККД тягового редуктора,  $D$  -

35 діаметр колеса,  $P_{Bi}(\eta_{ki} \eta_{ei})$  - вертикальне навантаження на вісь, яке залежить від статичного та динамічного перерозподілу навантажень, конструктивних параметрів локомотива  $\eta_{ki}$  та експлуатаційних факторів  $\eta_{ei}$ ;  $\Psi_i^{\max}$  - максимальний коефіцієнт зчеплення, який досягається при критичному ковзанні  $\varepsilon_i^{kp}$ .

40 Обертаючі моменти ТЕД залежать від сили струму, діаметра коліс, довжини токопроводів, магнітного потоку. Згідно з діючими стандартами, при виготовленні тягових електричних машин, допускається розбіжність обертаючих моментів у межах  $\pm 5\%$ . Отже, установлені на локомотиві тягові електродвигуни практично завжди будуть тією чи іншою мірою відрізнятися по своїх характеристиках. Це викликає різні зусилля тяги двигунів, що погіршує умови роботи локомотива і збільшує можливість виникнення боксування.

45 Умова зчеплення в контактї добре описується ковзанням. На прикладі розгону локомотива фіг. 1 видно, що величина прослизання ( $\varepsilon$ , %) зменшується від 1 до  $i$ -ї колісної пари, що свідчить про найгірші умови першої колісної пари по зчепленню і тязі [2]. Для кожної колісної пари величина проковзування різна. Керування контактом полягає у зниженні критичної величини ковзання при підвищенні реалізованої сили тяги, ця умова є обмеженням цільової функції. Основою цільової функції є порівняння максимальної і дійсної сили тяги, реалізованої локомотивом. У даному випадку максимальна сила тяги виражається формулою, яка описує обмеження по зчепленню, за допомогою якої можна враховувати параметри екіпажної частини локомотива і перерозподіл навантажень від колісних пар на рейки, що є невід'ємним явищем у

процесі експлуатації. Як дійсна сила тяги приймається максимальна сила тяги, що може реалізувати по тяговим електродвигунам і-ї колісної пари. Для зниження величини критичного ковзання, і, відповідно, досягнення максимальної сили тяги, реалізованої і-ю колісною парою, виконують конструктивні і технологічні заходи. Прикладом може бути установка довантажувальних пристроїв у зв'язку кузова з візком, що дозволяють збільшити вертикальне навантаження від колісних пар на рейки, підсипання піску під першу колісну пару, а також селективний підбір ТЕД по колісних парах локомотива.

Таким чином селективний підбір включає компенсування негативного перерозподілу вертикальних навантажень від дії експлуатаційних факторів і реалізованої сили тяги з урахуванням різниці умов по зчепленню для кожної колісної пари. З фіг. 2, 3, на яких представлено розподіл вертикальних навантажень від колісних пар на рейки в режимі реалізації сили тяги, видно, що найбільш схильна до боксування перша по ходу руху колісна пара. З огляду на це тяговий електродвигун з найменшим обертаючим моментом, згідно з цільовою функцією, необхідно встановити на першу колісну пару. На останню колісну пару необхідно ставити тяговий електродвигун з найбільшим обертаючим моментом, так як вона знаходиться у найкращих умовах по зчепленню і найбільш навантажена. Для локомотивів 2ТЕ116 та ТЕМ 103 підбір характеристик обертаючого моменту ТЕД проводився з урахуванням руху локомотива в обидві сторони. Розглянуто найгірший (фіг. 4, 5) та найкращий (фіг. 6, 7) варіанти розподілу обертаючих моментів по колісних парах локомотивів.

Значення цільової функції для кожного варіанта розподілу обертаючого моменту ТЕД по колісних пар зведено в таблицю фіг. 8. Графіки (фіг. 4-7) і результати розрахунку (фіг. 8) свідчать про значне недовикористання можливої сили тяги експлуатованих локомотивів типу 2ТЕ116 і ТЕМ 103. Використання селективного підбору ТЕД по колісних парах дозволити збільшити значення цільової функції для тепловозів типу 2ТЕ116 до значення 0,93, для тепловозів типу ТЕМ103 - до 0,917. Це забезпечує підвищення реалізованої сили тяги на 6,5 % і 4,8 % відповідно.

Джерело інформації:

1. ГОСТ 2582-81. Машины электрические вращающиеся тяговые. Общие технические условия. Дата введения в действие: 01.01.1983. - С. 35.

2. Исаев И.П. Случайные факторы и коэффициент сцепления / И.П. Исаев. - М.: Изд-во Транспорт, 1970. - 184 с.

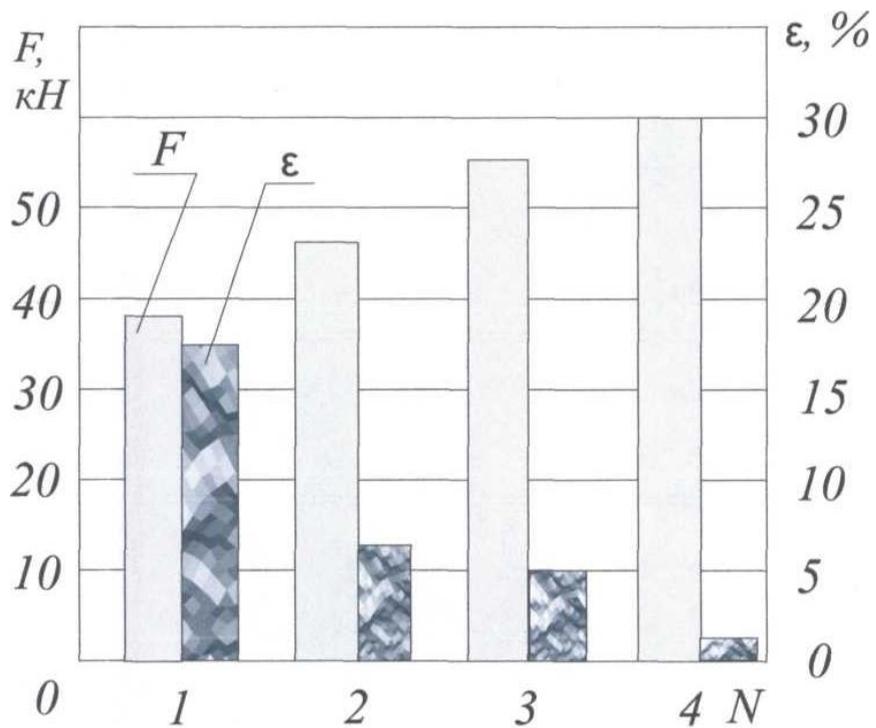
#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб підвищення тягових властивостей локомотивів, який полягає у вирівнюванні навантажень по колісних парах локомотива, який **відрізняється** тим, що при встановленні на візок тягових електродвигунів (ТЕД) попередньо вимірюють тягові характеристики тягових електродвигунів та, згідно з визначеними обертаючими моментами, виконують селективний підбір тягових електродвигунів по окремим колісним парам локомотива з урахуванням вертикальних навантажень від колісної пари на рейки при реалізації сили тяги, різниці коефіцієнтів зчеплення кожної колісної пари з рейковою колією, керуючись цільовою функцією, у якій враховують основні фактори, що впливають на тягові якості локомотива:

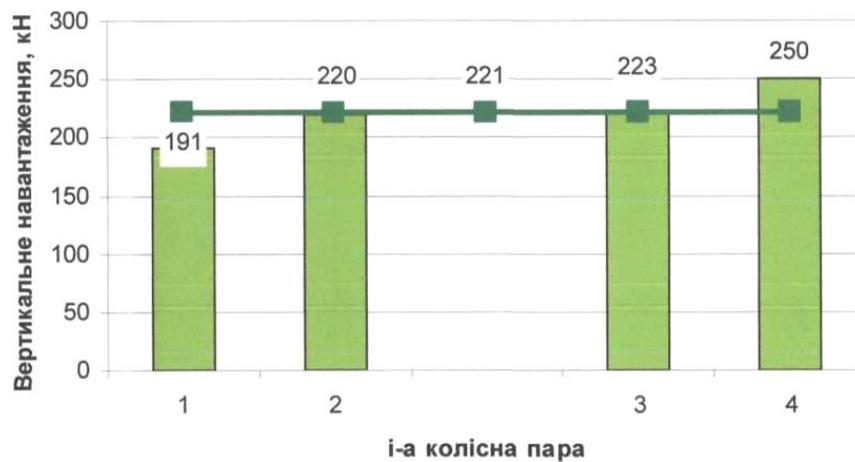
$$\zeta = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{F_{зчmax i}}{F_{max i}} \right] = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{2M_{kpi}(n, \Phi, I, L, R, \Delta_M) \mu \eta_p}{DP_{vi}(\eta_{ki} \eta_{ei}) \psi_i^{max}(\varepsilon_i^{kp})} \right] \xrightarrow{\varepsilon_i^{kp} \rightarrow \min} > 1 ;$$

$$F_{зчmax i} \leq F_{max i} ,$$

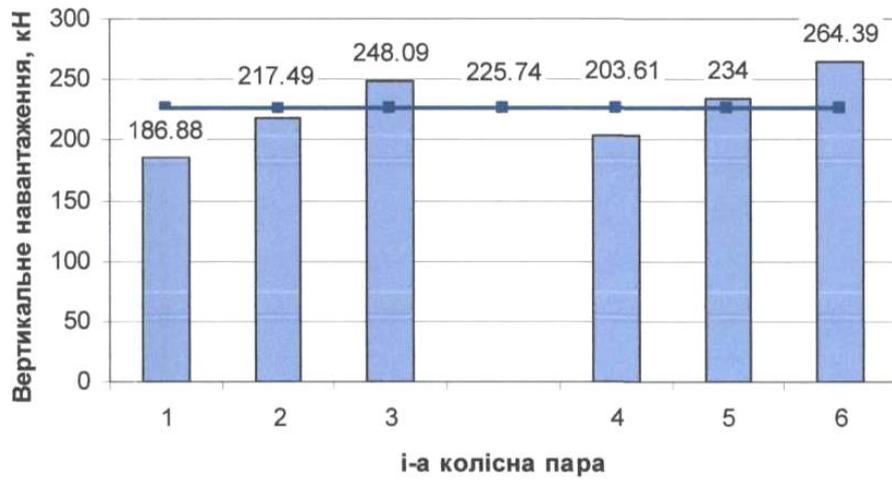
де  $F_{зчmax i}$  - максимальна сила зчеплення окремої колісної пари,  $F_{max i}$  - максимальна сила тяги окремої колісної пари,  $n$  - кількість осей локомотива,  $M_{kpi}(n, \Phi, I, L, R, \Delta_M)$  - обертальний момент ТЕД окремої колісної пари, який залежить від частоти обертання  $n$ , магнітного потоку  $\Phi$ , сили струму  $I$  ТЕД, довжини  $L$  та опору  $R$  струмопроводів,  $\Delta_M$  - відхилення обертального моменту тягового електродвигуна від номінального значення в межах допуску на його відхилення;  $\mu$  - передаточне число тягового редуктора,  $\eta_p$  - ККД тягового редуктора,  $D$  - діаметр колеса,  $P_{vi}(\eta_{ki} \eta_{ei})$  - вертикальне навантаження на вісь, яке залежить від статичного та динамічного перерозподілу навантажень, конструктивних параметрів локомотива  $\eta_{ki}$  та експлуатаційних факторів  $\eta_{ei}$ ;  $\psi_i^{max}$  - максимальний коефіцієнт зчеплення, який досягається при критичному ковзанні  $\varepsilon_i^{kp}$ .



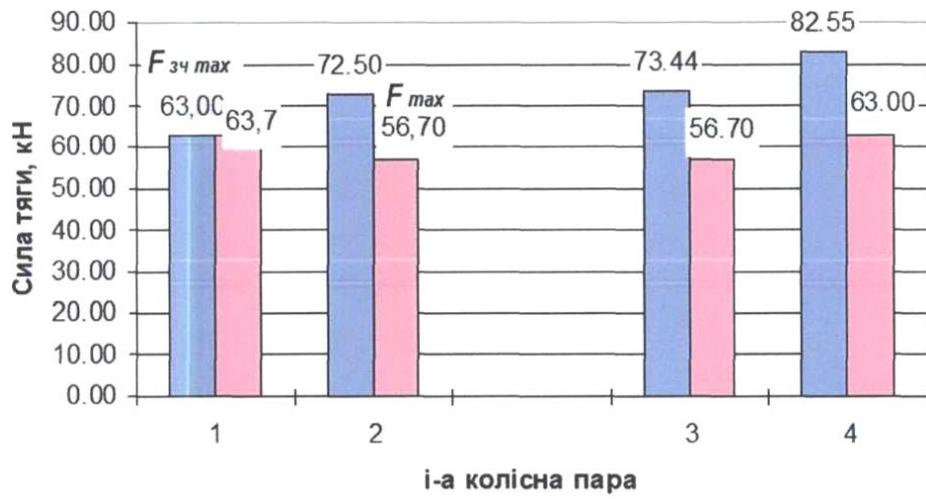
Фиг. 1



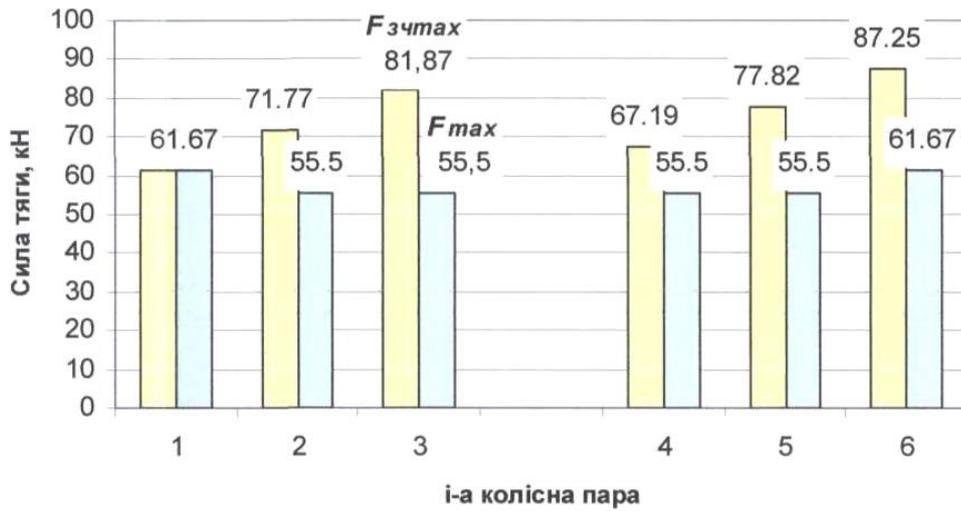
Фиг. 2



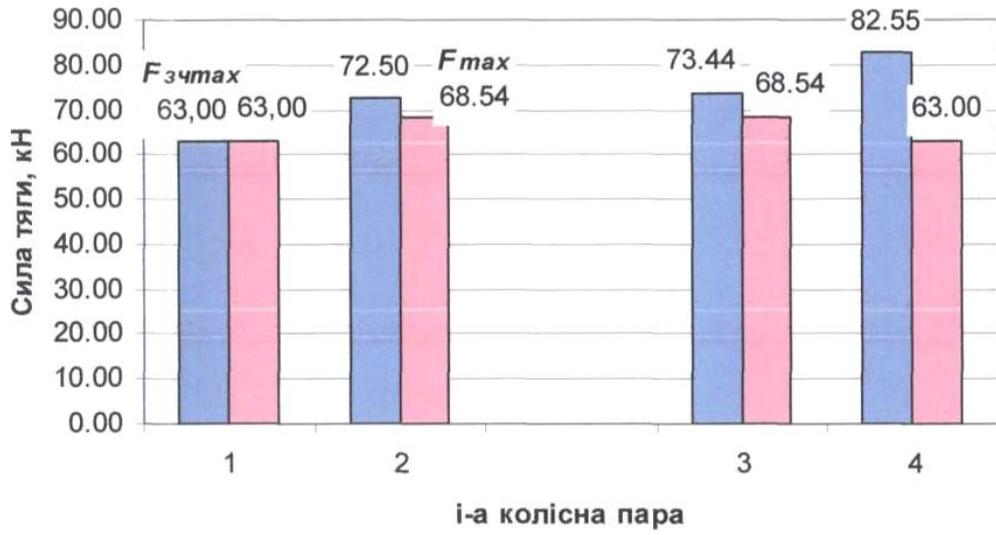
Фіг. 3



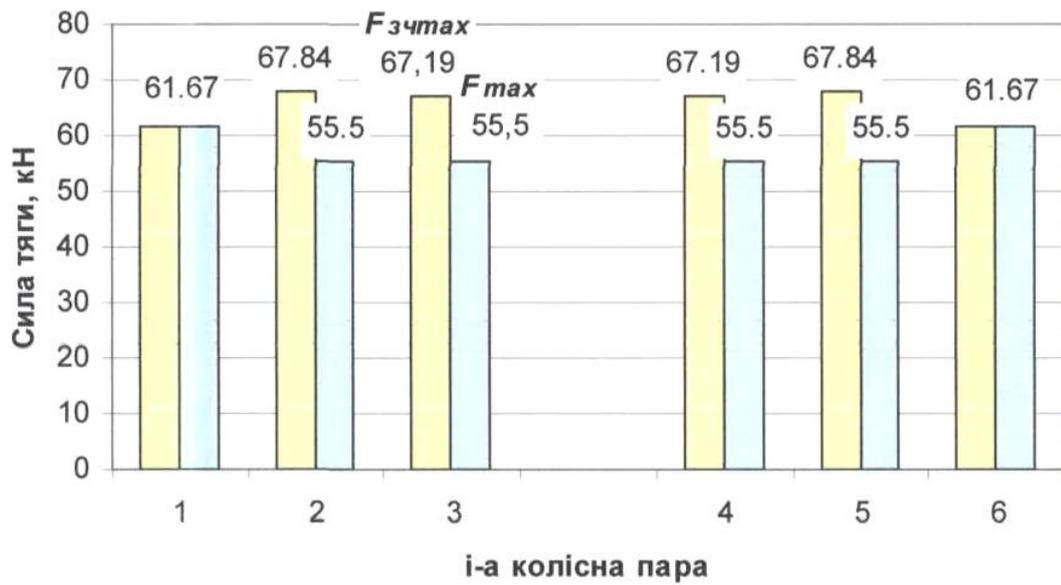
Фіг. 4



Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7

№ <i>i-i</i> колісної пари	1	2	3	4	5	6
При найгіршому підборі ТЭД	2TE116 (значення цільової функції Ц = 0,87)					
	+5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%
	TEM103(значення цільової функції Ц = 0,873)					
	+ 3,8%	–	– 5%	– 5%	–	+ 3,8%
При селективному підборі ТЕД	2TE116 (значення цільової функції Ц = 0,93)					
	-5%	+5%	+3.22%	+3.22%	+5%	- 5%
	TEM103(значення цільової функції Ц = 0,917)					
	- 3,8%	–	+ 5%	+ 5%	–	- 3,8%

Фіг. 8

---

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601