

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

УДК 621.424.3.621.833

Доан Дик Вінь

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗУБЧАТИХ КОЛІС
ТЯГОВИХ ПЕРЕДАЧ ТЕПЛОВОЗІВ

Спеціальність - 05.22.07 - Рухомий склад залізниць і
тяга поїздів

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Луганськ 1996



00760189 (V)

Дисертація є рукописом

Робота виконана на кафедрі локомотивобудування
Східноукраїнського державного університетуНаукові керівники: - доктор технічних наук, професор Коняев
Олександр Миколайович;
доктор технічних наук, доцент Вітренко
Володимир Олександрович

Офіційні опоненти:

1. Доктор технічних наук, професор Гартаковський
Едуард Давидович;
2. Кандидат технічних наук, с.н.с. Пищезуха
Борис Федорович.

Провідне підприємство - Державна холдінгова компанія
ПО "Дуганськтепловоз" (м. Дуганськ), Міністерство машинобуду-
вання, військово-промислового комплексу і конверсії України.Захист відбудеться "19" квітня 1996 р. на засіданні
спеціалізованої вченої ради ДІВ.02.01 при Східноукраїнському
державному університеті за адресою: 348034, м. Дуганськ, кв.
Молодіжний, 20 а.З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці
Східноукраїнського державного університету за
адресою: 348034, м. Дуганськ, кв. Молодіжний, 20 аАвтореферат розісланий "15" березня 1996 р.ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН УкраїниВчений секретар
спеціалізованої вченої ради

д.т.н. с.н.с. Осенін В.І.

40-312

Актуальність проблеми. Безвідмовна робота локомотивів і всього рухомого складу в великій мірі визначається надійністю і довговічністю роботи тягових зубчатих передач, на які припадає значна частина відкасування тепловозів. Це призводить до величезних додаткових затрат на позапланове ремонтування тепловозів, тривалих простоїв на ремонті і перебоїв в пересуванні поїздів.

Тягова зубчата передача є однією із найбільш навантажених елементів тягового приводу тепловозів. Поступове збільшення маси поїздів, швидкостей руху, збільшення навантаження від коліс на рейки, обмежений габарит передачі призвели до того, що зубчата передача працює на межі своїх можливостей.

Суттєве покращення експлуатаційних властивостей тягових зубчатих коліс рухомого складу і, в тому числі тепловозів, при одночасовому значному скороченні виробничого циклу їх виготовлення, як показали теоретичні та експериментальні дослідження, можуть бути досягнуті за рахунок накатки зубців тягових зубчатих коліс за допомогою нового методу накатки - накатним інструментом, заснованим на тілі виду "однополосний гіперболоїд". Таке наочучування зубців тягових коліс до нашого часу ні теоретично, ні експериментально не досліджувалося.

Мета роботи. Підвищення довговічності та якості тягових зубчатих коліс локомотивів за рахунок розробки нових засобів накатки їх зубців.

Наукова новизна. В дисертаційній роботі:

1. Розроблена геометро-кінематична методика обробки тягових зубчатих коліс тепловозів за допомогою багатозахідних гіперболоїдних накатників.
2. В аналітичному вигляді одержані зрівняння гіперболоїдного накатного інструмента.
3. Розроблений принципово новий спосіб накатки зубців тягових зубчатих коліс тепловозів.

Задачі дослідження. В роботі розв'язувались такі задачі:

1. Покращення якості поверхні зубців тягових зубчатих коліс тепловозів за рахунок розробки нових методів накатки їх зубців.
2. Підвищення довговічності тягових зубчатих коліс шляхом створення сприятливих фізико-механічних властивостей в поверхневому шарі зубців.
3. Розробка нових методів виготовлення накатного інструмента.
4. Дослідження геометро-кінематичних параметрів накатки зубців тягових зубчатих коліс за допомогою спроектованого інструмента.
5. Визначення впливу основних технологічних параметрів накатки зубців на їх якість і довговічність роботи.
6. Лабораторні і дослідно-промислові дослідження процесу накатки зубців тягових передач тепловозів.

Практична вартість. Розроблений новий інструмент і технологічний процес накатки зубців тягових зубчатих коліс локомотивів, які дозволяють значно підвищити їх експлуатаційні властивості, зокрема їх опір зносу, роботу тертя, опір вигину і знакоперемінні навантаження та інше, і, одночасно збільшуюча продуктивність накочування зубців і знижуюча шорсткість їх поверхней. Розроблені нові технічні засоби: накатний інструмент і пристосування для процесу накочування. Визначені раціональні режими накатки зубців. Аналіз геометро-кінематичних параметрів дозволяє на стадії проектування визначати працездатність накатного інструмента, що дозволяє значно скоротити дорогоцінні експериментальні дослідження.

Реалізація науково-практичних результатів роботи.

Розроблений інструмент і технологія накатки тягових зубчатих коліс локомотивів можуть бути використані на будь-якому тепловозобудівельному і вагоноремонтному підприємстві для накатки зубців тягових зубчатих коліс тепловозів.

Наведена в роботі програма по розрахунку гіперболоїдних накатників може бути використана на любых машинобудівних підприємствах, науково-дослідних і навчальних лабораторіях для конструювання накатного інструмента, що застосовується для накатки любых циліндричних прямозубих зубчатих коліс.

Експериментальні дослідження накатки зубців міжмодульних зубчатих коліс показали, що при такій накатці підвищується продуктивність процесу в два рази за рахунок використання радіальної подачі, а також шорсткість накатаних зубців знижується на три-чотири класи.

Апробація роботи. Основні результати виконаної роботи доповідались і одержали схвалення на міжнародних і республіканських науково-технічних конференціях: "Нові технології і системи обробки в машинобудуванні" (м.Донецьк, 1994р.); "Прогресивна техніка і технологія машинобудування" (м.Донецьк, 1995р.); "Проблеми розвитку локомотивобудування" (м.Алушта, 1995р.).

Особистий внесок автора у розробку наукових результатів дисертації

Дисертаційна робота, що розглядається, узагальнює результати науково-дослідних робіт, спрямованих на підвищення працездатності тягових зубчатих передач тепловозів, виконаних у Східноукраїнському державному університеті при безпосередній участі автора. Особисто автором розроблений принципово новий метод накатки зубців тягових зубчатих коліс і інструмент, що використовується для його здійснення. Розроблені математичні моделі, описуючі процес накатки зубців, а також геометро-кінематична теорія накатки зубців тягових коліс, яка проводиться на прикладах накатки коліс тепловозів 2М62, 2ТЄ116, а також коліс першого і другого ступеня Луганського трамвая ЛТ-10. Особисто автором проведені всі розрахунки і аналіз результатів, зроблені висновки.

Методика дослідження. У роботі використано: математичне

моделювання процесу накатки зубців тягових коліс; чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь; методи математичної статистики та теорії експерименту для опису процесу накатки зубців тягових коліс.

Публікації. По матеріалах дисертаційної роботи надруковано в пресі сім робіт, перелік котрих наведений в кінці реферату.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 173 сторінках машинописного тексту, ілюструється 6 таблицями, 29 малюнками і складається зі вступу, п'яти розділів, з висновками по кожному з них, загальних висновків, переліку використаної літератури та двох додатків. Перелік літератури містить сто двадцять дві назви. Додатки розміщені на двадцяти одній сторінці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

В першій главі зроблено аналіз досліджень по визначенню основних причин відказування тягових зубчатих коліс тепловозів і всього рухомого составу.

Приведена класифікація видів пошкодження зубчатих коліс тягового приводу, розглянуті можливі шляхи підвищення довговічності тягових зубчатих передач, сформульовані основні задачі дисертаційної роботи, що витікають із поставленої проблеми.

Теоретичні і експериментальні дослідження, спрямовані на підвищення довговічності тягових зубчатих коліс тепловозів і всього пересувного составу, широко висвітлені в роботах вчених МІІТу, ВНІІТу, ВНІІТІ, ЛІІІТу, а також інших вузів і науково-дослідних інститутів.

Так, провівши аналіз відказувань тягових передач тепловозів, за даними Одесько-Кишинівської дороги, а також депо Печора, Муром, Вологда, Пдино, Ташкент, можна сказати, що основні причини вибракування тягових зубчатих коліс тепловозів підрозділяються: по розколинах біля ніжки зуба - 53%, по сколюванню зубців - 15%, по зносу - 32%. Із цієї

статистики видно, що найбільше число відказувань тягових передач відбуваються із-за пошкоджень (поломки) їх зубців. Звично зубці починають руйнуватись по випадинах, тому що цьому сприяє максимальна напруга, що виникає при вигині в поверхніх шарах. Так, шестерні тягових передач виходять з ладу із-за пошкоджень зубців, не досягаючи установлених ороків служби. Середній пробіг зубців передачі складає 400000 - 700000 кілометрів.

Для експлуатованих тепловозів підвищення працездатності тягового приводу вигідно виконувати технологічними методами (різноманітні методи укріплення зубців коліс) і ремонтно-експлуатаційними методами (заходи, що проводяться в депо і на заводі під час експлуатації і ремонтування тепловозів). Існуючі в промисловості методи накатки зубців тягових передач мають істотні недоліки, тому в дисертації розглянуті підвищення утомленої міцності зубців тягових зубчатих коліс здійснюються за рахунок накатки зубців за допомогою спеціально спроектованих накатних інструментів.

Друга глава дисертації присвячена знаходженню профіля накатного інструмента як обгинаючої накатуваного тягового зубчатого колеса тепловоза. Цілком зрозуміло, що при схрещених осях тягове зубчате колесо буде зачіплятись з накатником, що має гіперболоїдну форму. Тому у цій роботі у векторно - параметричному вигляді було записане рівняння накочуваного тягового зубчатого колеса в такому виді:

$$\vec{r}_1 = \vec{r}_1(V, \omega) = x_1(V)\vec{i} + y_1(V)\vec{j} + z_1(\omega)\vec{k} \quad (I)$$

і за допомогою диференціальної геометрії, теорії поверхней і матричного обчислення були одержані три рівняння, що являють собою сімейство шуканих гіперболоїдних поверхней. Для того, щоб одержати шуканий гіперболоїдний накатник до цих трьох рівнянь, було приписано рівняння зв'язку за своєю суттю, що являє собою основний закон зачеплення. В результаті цих нескладних дій було одержано чотири рівняння, що являють собою шуканий гіперболоїдний накатник:

$$X_2 = X_1(\cos\varphi_1 \cos\varphi_2 + \cos\gamma \sin\varphi_1 \sin\varphi_2) + Y_1(\cos\gamma \cos\varphi_1 \sin\varphi_2 - \sin\varphi_1 \cos\varphi_2) - Z_1 \sin\gamma \sin\varphi_2 + A \cos\varphi_2$$

$$Y_z = X_1(\cos\gamma \sin\varphi_1 \cos\varphi_2 - \cos\varphi_1 \sin\varphi_2) + Y_1(\sin\varphi_1 \sin\varphi_2 + \cos\gamma \cos\varphi_1 \cos\varphi_2) - Z_1 \sin\gamma \cos\varphi_2 - A \sin\varphi_2 \quad (2)$$

$$Z_z = X_1 \sin\gamma \sin\varphi_2 + Y_1 \sin\gamma \cos\varphi_2 + Z_1 \cos\gamma$$

$$N \cdot V^{\rightarrow}(\dot{1}, \dot{2}) = \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial V} \times \frac{\partial \Gamma}{\partial V} \right) \frac{\partial \Gamma}{\partial \varphi_1} = 0$$

Для знаходження профілю гіперболоїдного накатника, необхідно обчислити координати X_z , Y_z приведених виразів (2) в системі координат гіперболоїдного накатника. Послідовністю розв'язання цих виразів може бути такою: останній вираз системи (2) вставимо в третє зрівняння. Далі, розв'язуючи одержані рівняння, задаємо координату Z_z і, варіюючи профільним кутом, знаходимо з цього виразу кут повороту φ_1 , при якому проходить торкання зубців тягового зубчатого колеса тепловозу з зубцями гіперболоїдного накатника. Далі, підставляючи знайдені кути повороту φ_1 в перші два рівняння системи (2), знаходимо координати X_z , Y_z гіперболоїдного накатника в залежності від координати накатника вдовж осі Z_z . Таким чином, можна відзначити, що профіль знайденого гіперболоїдного накатника буде перемінним у всіх його січеннях, тому такий інструмент неможливо одержати за допомогою методу копівання.

В третьому розділі дисертації визначені основні геометро-кінематичні параметри процесу накатки тягових зубчатих коліс тепловозів за допомогою спрацьованих гіперболоїдних накатників. Одержані залежності, дають можливість синтезувати просторові верстатні зачеплення, які дають можливість обмежувати виробляючі поверхні шляхом винятку на них точок з нескінченним питомим скочванням, що приводить до інтенсивного зносу інструментів. Також одержані умови, дозволяють визначити точки, на яких сумарна швидкість переміщення дорівнюється нулю, тобто тих точок, в яких умови різання самі сприятливі і самі несприятливі умови накатки.

Цією зрозуміло, що на процес накатки зубців тягових зубчатих коліс в великій мірі впливають такі геометро-кінематичні параметри накатки, як: відносна швидкість скочвання; сумарна швидкість наочуваних поверхней

зубців в напрямі, перпендикулярному контактним лініям; кут між відносною швидкістю скочвання і напрямом контактних ліній; наведена кривизна взаємоогинаючих поверхней; питоме скочвання на зубцях накатника та накочуваних тягових зубчатих коліо; довжина контактних ліній.

В аналітичному вигляді визначені вирази для одержання відносної швидкості скочвання:

$$[V^{i'z'}]^2 = [-y(1 - U_{z_1} \cos \gamma) - \mu U_{z_1} \sin \gamma]^2 + [x(1 - U_{z_1} \cos \gamma - AU_{z_1} \cos \gamma)]^2 + [(x + A)U_{z_1} \sin \gamma]^2. \quad (3)$$

Сумарна швидкість визначена як сума векторів швидкості точки під час руху по обгинаючій і обгинаючій поверхні:

$$U_z = \{2\sigma F / \sigma \varphi_1 [(x_1')^2 + (y_1')^2] + \sigma F / \sigma \psi (\sigma \Gamma_1 / \sigma \psi \dot{V}^{i'z'})\} + \{[(x_1')^2 + (y_1')^2] \sigma F / \sigma \psi \sigma \Gamma_1 / \sigma \psi\} / \sqrt{[(x_1')^2 + (y_1')^2] \{[(x_1')^2 + (y_1')^2] (\sigma F / \sigma \psi)^2 + (\sigma F / \sigma \psi)^2\}}. \quad (4)$$

Процес накатки зубців тягових коліо локомотивів в великій мірі залежить від кута між контактними лініями і вектором швидкості скочвання. Чим більший цей кут, тим кращі умови накатки. Таким чином, при збільшенні цього кута зменшується коефіцієнт тертя, а скочвання, спрямоване в напрямку подачі, сприяє течиву металу у бік необробленої поверхні. Кут між вектором швидкості скочвання і контактними лініями може бути одержаним із виразу:

$$\tan \psi = \{-\sigma F / \sigma \psi (\sigma \Gamma_1 / \sigma \psi \dot{V}^{i'z'}) [(x_1')^2 + (y_1')^2] - \sigma F / \sigma \psi (\sigma \Gamma_1 / \sigma \psi \dot{V}^{i'z'})\} / \{[\sigma F / \sigma \psi (\sigma \Gamma_1 / \sigma \psi \dot{V}^{i'z'}) - \sigma F / \sigma \psi (\sigma \Gamma_1 / \sigma \psi \dot{V}^{i'z'})] \sqrt{(x_1')^2 + (y_1')^2}\}. \quad (5)$$

При куті скрещення вісей накочуваного тягового зубчатого колеса і накатника, яки дорівнює $\psi_r = 0,5$, умови накатки будуть самі сприятливі. При куті $\psi_c = 0$ умови накатки будуть самі несприятливі.

По величині швидкості скочвання важко робити висновок про величину проскокування зубців гіперболоїдних накатників

об зубці накочуваних тягових коліс 1, таким чином, немає можливості об'єктивно оцінювати процес накатки зубців тягових коліс та знос гіперболоїдних накатників. Тому у дисертації виведені коефіцієнти питомого сковзання для накочуваного тягового зубчатого колеса і гіперболоїдного накатника, по яких можна робити висновок про величину їх проскокування.

Таким чином, питоме сковзання на тяговому колесі має вигляд:

$$\eta_1 = \{-(\dot{V}^{12}) \sigma_{\Gamma_1}^{\rightarrow} / \sigma_{\psi}^{\rightarrow} [(x_1')^2 + (y_1')^2] \sigma_{\Gamma_1}^{\rightarrow} / \sigma_{\psi}^{\rightarrow} - (\dot{V}^{12}) \sigma_{\Gamma_1}^{\rightarrow} / \sigma_{\nu}^{\rightarrow} \sigma_{\Gamma} / \sigma_{\nu} \sigma_{\Gamma} / \sigma_{\nu} / \sigma_{\rho_1} [(x_1')^2 + (y_1')^2]\}, \quad (6)$$

а питоме сковзання на гіперболоїдному накатнику прийме вигляд:

$$\eta_2 = 1 - \{ \sigma_{\Gamma} / \sigma_{\rho_1} [(x_1')^2 + (y_1')^2] / \{ \sigma_{\Gamma} / \sigma_{\rho_1} [(x_1')^2 + (y_1')^2] - (\dot{V}^{12}) \sigma_{\Gamma_1}^{\rightarrow} / \sigma_{\psi}^{\rightarrow} [(x_1')^2 + (y_1')^2] \sigma_{\Gamma} / \sigma_{\psi} - (\dot{V}^{12}) \sigma_{\Gamma_1}^{\rightarrow} / \sigma_{\nu}^{\rightarrow} \sigma_{\Gamma} / \sigma_{\nu} \} \}. \quad (7)$$

Наведена кривизна поверхней зубців накочуваного тягового зубчатого колеса та гіперболоїдного накатника в напрямі, перпендикулярному контактним лініям, суттєво впливає на посилення накатки, вона записана в такому вигляді:

$$K_{кр} = \{ [(x_1')^2 + (y_1')^2] (\sigma_{\Gamma} / \sigma_{\psi})^2 + (\sigma_{\Gamma} / \sigma_{\nu})^2 \} (1 / \sqrt{(x_1')^2 + (y_1')^2}) / \{ [(x_1')^2 + (y_1')^2] \sigma_{\Gamma} / \sigma_{\rho_1} - \sigma_{\Gamma} / \sigma_{\nu} (\dot{V}^{12}) \sigma_{\Gamma_1}^{\rightarrow} - \sigma_{\Gamma} / \sigma_{\psi} (x_1'^2 + y_1'^2) \cdot (\sigma_{\Gamma_1}^{\rightarrow} / \sigma_{\psi} \dot{V}^{12}) \}. \quad (8)$$

Із наведеного виразу витікає, що поверхневого контакту в верстатних зацепленнях, які розглядаються, здійснити неможливо, тому що чисельник виразу ніколи не перетворюється в нуль. Якщо ж знаменник наведеного виразу дорівнює нулю, то наведена кривизна буде дорівнювати нескінченності. В точках з такими значеннями наведеної кривизни питоме сковзання на накатнику має нескінченно велике значення, що приводить до інтенсивного зносу гіперболоїдного накатника.

При накатці тягових зубчатих коліс гіперболоїдними

накатниками контактні лінії являють собою криві лінії на поверхні накочуваних зубців. Довжина контактних ліній впливає на посилення накатки і може бути записана в такому вигляді:

$$l = \int_{v_1}^{v_2} \sqrt{(x_1')^2 + (y_1')^2 + (\sigma v / \sigma v)^2} dv. \quad (9)$$

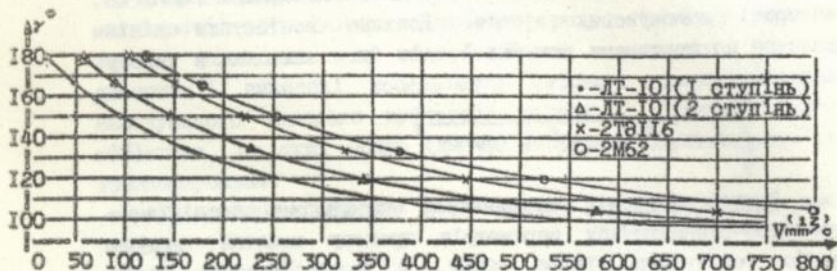
Четвертий розділ присвячений чисельному дослідженню геометро-кінематичних параметрів процесу накатки тягових коліс тепловозів 2Т6116, 2М62, а також тягових коліс Луганського трамвая ЛТ-10 за допомогою гіперболоїдних накатників. Цей чисельний аналіз проведений за допомогою ЕОМ.

При аналізі процесу накатки зубців тягових зубчатих коліс проведено порівняння геометро-кінематичних параметрів, одержуваних при існуючих і передбачуваних в даній дисертації процесах накочування. Аналіз залежності відносної швидкості скочвання від кута схрещування осей накочуваного зубчатого колеса і накатника (мал.1) показує, що з зменшенням цього кута швидкість скочвання збільшується і одержуємо процес накочування з вирівнюванням. По мал.2 можна говорити про сумарну швидкість накатки і виділяти на вироблячій поверхні ті точки торкання, в яких несприятливі умови накочування, тобто точки, в яких сумарна швидкість дорівнює нулю.

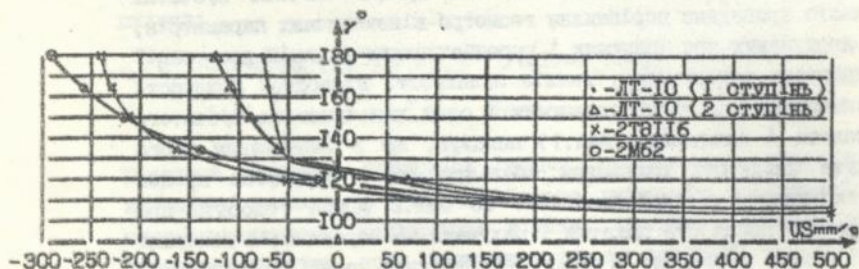
Із мал.3 видно, що із зменшенням кута схрещування осей накатника і накочуваного тягового зубчатого колеса, розмір кута між вектором швидкості скочання і контактними лініями збільшується, що сприятливо відбивається на процесі накочування, так як в зону деформації буде втягуватись найбільша кількість змазки, і, таким чином, коефіцієнт тертя різко зменшується, що сприяє течі металу в бік не обробленої поверхні.

Від величини кривизни взаємоогинаючих поверхней залежить величина зусилля накатки, якщо проаналізувати мал.4., то можна побачити, що в точках, де кривизна максимальна, тобто мінімальний її радіус, зусилля накатки буде мінімальним.

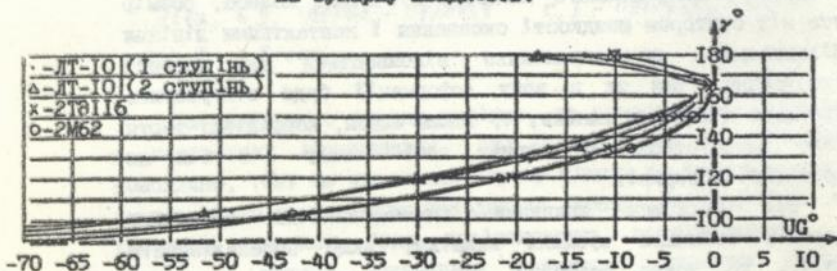
Аналіз графіків питомих скочвань на зубцях накочуваних



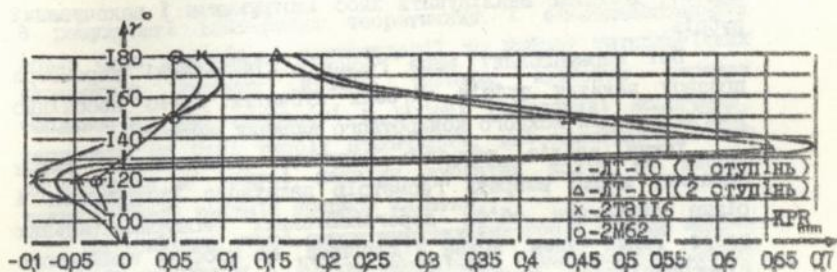
Мал.1. Зміна відносної швидкості скочування в залежності від кута схрещування осей тягового колеса и накатника.



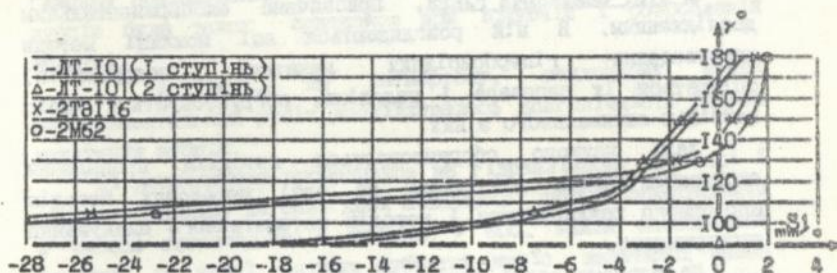
Мал.2. Вплив кута схрещування осей накатника и тягового колеса на сумарну швидкість.



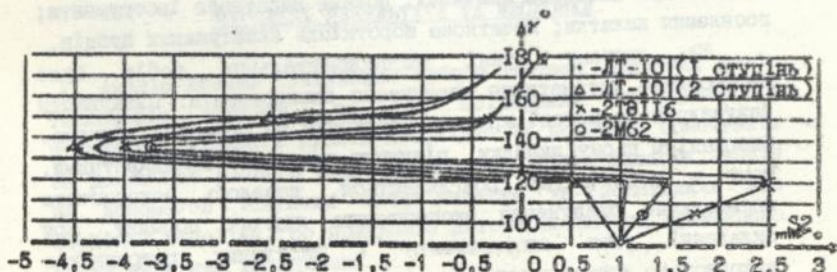
Мал.3. Зміна кута між контактних ліній і \vec{V}_{12} в залежності від умови накопчування.



Мал.4. Кривизна взаємогнаних поверхней.



Мал.5. Питоме оковзання на зубцях накочуваного тягового гіперболоїдного інструмента.



Мал.6. Питоме оковзання на зубцях накатного гіперболоїдного інструмента.

тягових зубчатих коліс і гіперболоїдних накатників (мал.5 і мал.6), дозволяє аналізувати знос інструмента і накочуваних зубців.

Всі перераховані вище геометро-кінематичні параметри процесу накатки зубців тягових зубчатих коліс необхідно розглядати для кожного конкретного випадку накатки.

Такий аналіз дозволяє виділити несприятливі умови накатки, вірно вибрати геометрію накатного інструмента і різко скоротити об'єм дорожкошттовних експериментальних робіт. Таким чином, можна відзначити, що профіль знайденого гіперболоїдного накатника буде перемінним у всіх його січеннях, тому такий інструмент неможливо одержати за допомогою методу копіювання.

П'ята, замикаюча глава, присвячена експериментальним дослідженням. В ній розглядаються всі можливі методи виготовлення гіперболоїдних накатних інструментів, оцінюється їх перевага і недоліки, обґрунтовується вибір найбільш оптимального з них.

Далі науково обґрунтовується методика проведення експериментальних досліджень на базі передових методів апіорного ранжирування і методів математичного планування експеримента.

На першому етапі експериментальних робіт за допомогою методу апіорного ранжирування визначаються найбільш значимі фактори, які впливають на якість накатаних зубців. Із сімнадцяти факторів, впливаючих на якість накатаних зубців, вибрані три найбільш значимих: подача накатного інструмента; посилення накатки; початкова шорсткість накатуваних зубців.

На другому етапі експериментальних робіт було застосовано математичне планування експеримента. Планування базувалося на методі крутого сходження по поверхні відгука. Одержані в цьому випадку рівняння виявились неадекватними, тому в роботі, що розглядається, довелось використати математичне планування експеримента другого порядку. При складанні умов експеримента і наступних розрахунків використано центральний композиційний рототабельний уніформ план другого порядку. Рівняння регресії виявилось адекватним і має вид:

$$y = 2,77 + 2,48x_1 - 0,71x_2 + 1,17x_3 - 1,41x_2x_3 + 0,55x_2^2$$

В результаті проведених теоретичних і експериментальних робіт були розроблені рекомендації по вибору технологічних параметрів накатки зубців тягових зубчатих передач тепловозів. Для наочності в роботі побудовані номограми, засновані на базі теорії номографії, які полегшують працю дослідників в галузі накатки зубчатих коліс по вибору технологічних режимів процесу накатки.

На третьому етапі експериментальних робіт стояла задача вивчення структури і фізико-механічних властивостей металу накатаних зубців. Ці дослідження показали, що структура металу, накатаного нашим інструментом, буде однаковою. Глибина розташування остаточної напруги в поверхньому шарі зубців буде також однаковою при існуючій і розробленій накатці.

І, нарешті, на четвертому, заключному етапі експериментальних робіт досліджувалась довговічність роботи накатаних зубців.

Ці дослідження проводились на гідравлічному пульсарі і обґрунтовувались на базі двох мільйонів циклів навантаження з числом навантажень в хвилину - 600. Таким експеримент показав, що зубці тягових зубчатих коліс, накатаних нашим методом і накатані традиційним методом, мають однакову довговічність, яка перебільшує довговічність роботи ненакатаних зубців в 3-4 рази.

ЗАГАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ.

1. Аналіз причин руйнування зубців тягових зубчатих коліс тепловозів показав, що для збільшення вигинаючої і утомлюючої міцності зубців необхідно їх поверхню обкочувати за допомогою різного роду накатників. Однак накатка зубців за допомогою існуючих схем накатки та накатників має серйозні недоліки, що примусило автора розробити принципово новий накатний інструмент.

2. В аналітичному виді одержано рівняння накатного інструмента в просторовому верстатному зачепленні як

обгинаюча накочуваного циліндричного тягового зубчатого колеса.

3. Визначені основні геометро-кінематичні параметри процесу накатки тягових зубчатих коліс тепловозів, таких як: відносна швидкість сковзання; сумарна швидкість переміщення контактуючих поверхней в напрямку, перпендикулярному контактним лініям; кут між вектором відносної швидкості сковзання і напрямом контактних ліній; наведена кривизна контактуючих поверхней; питоме сковзання на зубцях накатного інструмента і накочуваного тягового зубчатого колеса; довжина контактних ліній.

4. Проведено числовий аналіз геометро-кінематичних параметрів накатки тягових зубчатих коліс тепловозів моделей 2ТЄІІ6 і 2М62, а також тягових коліс І-го і 2-го ступенів трамваю ЛТ-10, що дозволили вибрати оптимальну геометрію інструмента та кінематику процесу накатки зубців для кожного із перерахованих вище елементів рухомого складу.

5. Проведено комплекс досліджень, заснований на методах апіорного ранжирування, а також методах математичного планування експеримента, що дозволили описати залежність ефективності накатаних зубців від найбільш значимих факторів процесу накатки.

6. Спроектвані, виготовлені і відлагоджені пристосування і обладнання для накатки зубців тягових зубчатих коліс локомотивів.

7. Подані рекомендації по вірному вибору режимів накатки зубців тягових коліс, а також по конструюванню багатозахідних гіперболоїдних накатних інструментів.

8. Експериментальні дослідження показали, що накатка зубців за розробленою технологією дозволяє знизити шорсткість накатаної поверхні на І - 2 класи. Продуктивність такої накатки зубців підвищується в 2 - 4 рази порівняно з накаткою тягових коліс стандартним інструментом за рахунок багатозахідності інструмента і сприятливої його геометрії. Таким чином, довговічність тягових зубчатих коліс підвищується на 9 - 12% за рахунок зниження шорсткості обробленої поверхні і рівномірного зміцнення по всьому профілю зуба тягового колеса.

СПИСОК РОБІТ АВТОРА ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ.

1. Разработка и испытание фрез гиперболического типа с целью повышения производительности зубонарезания и увеличения стойкости инструмента. Отчет по договору № 359/06 от 16 августа 1991 г. с АО "Камаз". Инженерная академия Украины. Луганское отделение. 1991 - 1992 г., 3 части, 37с., 29с., 37 с. (соавторы: Блошенко М.М., Витренко А.Н., Витренко В.А., Коняев А.Н., Кириченко И.А.).
2. Технология изготовления незатялованных многозаходных гиперболических фрез. Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции: "Новые технологии и системы обработки в машиностроении". Донецк. 1994 г., с.15-16. (Соавторы: Витренко А.Н., Витренко В.А., Кириченко И.А.).
3. Инструмент для обработки зубчатых колес методом зуботочения. Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции: "Новые технологии и системы обработки в машиностроении". Донецк, 1994 г., с.16-17. (Соавторы: Витренко А.Н., Витренко В.А., Кириченко И.А.).
4. Сглаживающее накатывание зубьев цилиндрических прямозубых зубчатых колес и деталей типа тел вращения. Тезисы докладов международной научно-технической конференции: "Прогрессивная техника и технология машиностроения". Донецк, 1995 г., 2с. (Соавторы: Витренко А.Н., Витренко В.А., Зуй Б.С., Кириченко И.А.).
5. Технология изготовления гиперболических накатников для сглаживания поверхностей деталей типа тел вращения. Тезисы докладов международной научно-технической конференции: "Прогрессивная техника и технология машиностроения". Донецк, 1995 г., 2с. (Соавторы: Витренко А.Н., Витренко В.А., Зуй Б.С., Кириченко И.А.).
6. Обкатка зубьев цилиндрических зубчатых колес. V международная научно-техническая конференция: "Проблемы развития локомотивостроения". Алушта, 1995 г., 2с. (Соавторы: Витренко А.Н., Витренко В.А., Кириченко И.А.).
7. Притирка зубьев цилиндрических зубчатых колес. V международная научно-техническая конференция: "Проблемы развития локомотивостроения". Алушта, 1995 г., 2с.

УДБ М. В. Стефанюк
АН УкрАін

(Соваторы: Витренко А.Н., Витренко В.А., Кириченко И.А.).

Doan Dыc Bинь. Пoвышeниe дoлгoвeчнoсти зyбчaтыx кoлeс тягoвыx пeрeдaч тeплoвoзoв.

Диссeртaция нa coискaниe учeнoй стeпeни кaндидaтa тeхничeских нaук пo спeциaльнoсти 05.22.07 - пoдвигнoй coстaв жeлeзныx дoрoг и тягa пoeздoв. Вoстoчнoукрaинский гoсудaрствeнный унивeрситeт, г. Лyгaнск, 1996 г.

Зaщитaeтся 7 нaучныx рaбoт, coдeржaщиx исслeдoвaниe вoпpocа пoвышeния дoлгoвeчнoсти рaбoты тягoвыx зyбчaтыx пeрeдaч тeплoвoзoв. Пpeдлoжeн пpинципиаьнo нoвыe нaкaтнoй инстpумeнт и тeхнoлoгия нaкaтки зyбьeв тягoвыx зyбчaтыx кoлeс. Paзpaбoтaнa гeoмeтpo-кинeмaтичeская тeopия нaкaтки зyбьeв. Пoкaзaнo влияниe тeхнoлoгии нaкaтки зyбьeв нa дoлгoвeчнoсть рaбoты тягoвыx пeрeдaч.

Doan Dыc Vinh. The increase of diesel locomotives traction transmission gears operating longevity. Thesis for a candidate's degree (engineering) in speciality - 05.22.07 - Railway rolling stock and diesel locomotives traction. East-Ukrainian State University, Lugansk, 1996.

Seven scientific papers are defended. The papers deal with the investigation of diesel locomotives traction transmission gears operating longevity. Principally new knurling tool and technology of traction gears teeth rolling were proposed. Geometro-kinematic theory of gear rolling was developed. There was shown the influence of gear rolling technology on the operating longevity of traction transmission.

Ключoві слoвa:

Лoкoмoтив, тягoвe кoлeсo, дoлгoтpивaльнiсть, нaкaтнoкoтoк.

Пoдписaнo к пeчaти 11.03.96 г. Фoрмaт бyмaги 60x80 1/16.
И.Л.І. Тираж 100. Заказ 121.

Рoтaпpинт ВУТ, 348034, г. Лyгaнск. кв. Мoлoдeжний 20a

445988

AB 34.362

AB 34.362