

УДК 629.42:62-233.3/9

*Д-р техн. наук В.І. Мороз,  
канд. техн. наук С.В. Бобрицький*

*Doctor of techn. sciences V.I. Moroz,  
cand. of techn. sciences S.V. Bobritskiy*

## ОТРИМАННЯ І АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ ОПИСАНЬ РОБОЧИХ ПРОФІЛІВ ЗУБЦІВ ТЯГОВИХ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ З РІЗНИМИ СТУПЕНЯМИ ЗНОСУ

## RECEIPT AND ANALYSIS OF DIGITAL DESCRIPTIONS OF WORKINGS TYPES OF POINTS OF HAULING GEARINGS WITH DIFFERENT DEGREES OF WEAR

**Постановка проблеми у загальному вигляді та їх зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** Залізнична галузь, на яку припадає до 49 % вантажообігу та більш ніж 43 % пасажирообігу, займає головне місце серед галузей транспортної сфери. У той же час, за оцінками спеціалістів, більша частина рухомого складу (РС) працює у наднормативний термін [1, 2]. Зростання конкуренції між різними видами транспорту вимагає підвищення якості надання послуг з перевезення та техніко-економічних показників рухомого складу. Саме тому державними програмами одним з пріоритетних напрямків розвитку залізничного транспорту визначається забезпечення залізниць оновленим рухомим складом [3, 4]. Враховуючи повільне провадження нових серій РС, є актуальними науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи з підтримання високої надійності та довговічності наявного рухомого складу в експлуатації.

Важливим елементом екіпажної частини РС є тягова зубчата передача (ТЗП), контроль стану якої здійснюється при виконанні деповських ремонтів [5, 6]. При цьому значна роль відводиться визначенню і оцінці експлуатаційних зносів

зубців шестерень і коліс. При вирішенні таких завдань доцільно отримувати і використовувати відповідні цифрові описання [7]. Разом з тим ці питання потребують більш детального висвітлення.

**Мета статті і викладення основного матеріалу.** Метою статті є описання запропонованого авторами нового методичного підходу та відповідних математичних моделей, які забезпечують отримання і аналіз цифрових описань робочих профілів зубців з різними ступенями зносу. Пропонується така послідовність дій:

1. На основі робочих креслень і виготовленого нового колеса (або шестерні) ТЗП, що розглядається, аналізуються і контролюються основні геометричні параметри зубців. За допомогою штангензубоміру визначаються товщини зубців за хордами характерних кіл: вершин, початковими, ділильними та основними. Результати вимірювань порівнюються з відповідними значеннями на кресленні.

2. З використанням цифрової фотокамери та розробленого спеціального устаткування отримується цифрові зображення профілів зубців нового колеса.

3. Отримане цифрове зображення профілів зубців нового колеса вводиться до комп'ютера і при відомих дійсних розмірах з використанням розробленої математичної моделі визначається масштабний коефіцієнт  $\mu_l$  :

$$\mu_l = \frac{S_{\ddot{a}}}{S_{\ddot{o}}}, \quad (1)$$

де  $S_{\ddot{a}}$  – введене дійсне значення товщини зуба за хордою ділильного кола, мм;

$S_{\ddot{o}}$  – визначене за допомогою математичної моделі на основі отриманого цифрового зображення її відповідне значення, піксель.

4. На основі цифрового зображення і визначеного масштабного коефіцієнта отримуються цифрові описання профілю зубців нового колеса в дійсних значеннях їхніх геометричних параметрів.

5. За наведеною вище технологією обробляються профілі зубців з різним ступенем зносу.

6. Для аналізу отриманих цифрових описань доцільно використовувати розроблену авторами математичну модель. У процесі моделювання цифрові описання профілів зубців скануються встановленим кроком по всій висоті - визначаються товщини зубця за хордами відповідних кіл, визначаються зноси профілів порівняно з профілем нового зуба.

У якості прикладу нижче наведено результати досліджень робочого профілю зуба шестерні ТЗП електропоїзда серії ЕР-2. На рисунку показано головне вікно, отримане в процесі математичного моделювання з цифровою версією зуба шестерні № 682 з реальними профілями зубців.

Зображення доповнюється таблицею з визначеними відхиленнями цього профілю порівняно з профілем зуба нової шестерні. Це дає можливість оцінювати величини зносів у різних перерізах за висотою зуба.

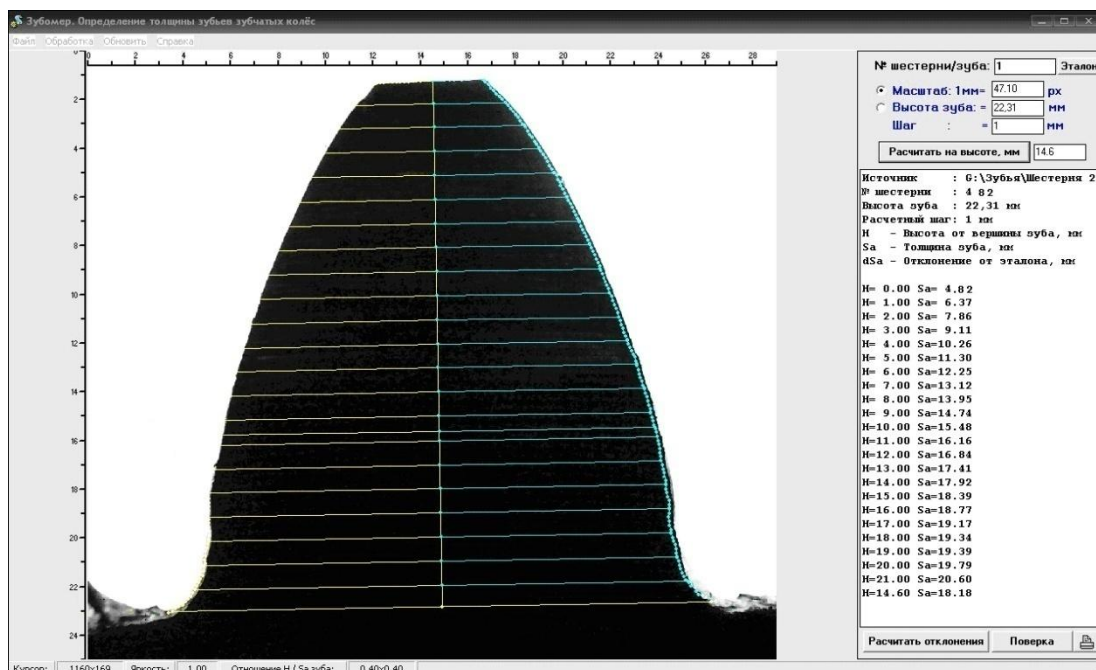


Рис. Головне вікно з цифровою версією зуба шестерні № 682 та результатами розрахунку товщини зуба

Порівняння товщини зубців шестерні ТЗП електропоїзда серії EP-2

Висота заміру від вершини зуба $H, \text{мм}$	Товщина зуба нової шестерні $\bar{S}_1, \text{мм}$	Товщина зуба зношеної шестерні $S_1, \text{мм}$	Знос шестерні $\Delta_1, \text{мм}$
0,00	5,48	4,82	0,66
1,00	6,74	6,37	0,37
2,00	7,95	7,86	0,09
3,00	9,13	9,11	0,02
4,00	10,25	10,23	0,02
5,00	11,32	11,3	0,02
6,00	12,36	12,25	0,11
7,00	13,36	13,12	0,24
8,00	14,28	13,95	0,33
9,00	15,17	14,74	0,43
10,00	16,03	15,48	0,55
11,00	16,81	16,16	0,65
12,00	17,54	16,84	0,7
13,00	18,23	17,41	0,82
14,00	18,85	17,92	0,93
14,60	18,89	18,18	0,71
15,00	19,42	18,39	1,03
16,00	19,92	18,77	1,15
17,00	20,36	19,17	1,19
18,00	20,73	19,34	1,39
19,00	21,01	19,39	1,62
20,00	21,21	19,79	1,42
21,00	21,29	20,6	0,69

Так, знос профілю за хордою ділильного кола складає 0,71 мм. Максимальний знос має місце в нижній перерізах ножки зуба (18-20 мм від вершини зуба) і складає 1,62 мм.

**Висновки.** Наведені в статті матеріали підтверджують доцільність

використання запропонованого підходу для отримання і аналізу цифрових описань профілів зубців з різними ступенями зносу. Це відіграє важливу роль при вирішенні питань про можливість подальшої експлуатації шестерень і зубчатих коліс у складі ТЗП РС залізниць.

*Список літератури*

1. Програма оновлення локомотивного парку залізниць України, затверджена постановою КМУ № 840 від 01.08.2011 р. [Текст] // Урядовий кур'єр. – 26.08.2011. – № 155.
2. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту [Електронний ресурс]: постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. № 1390. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009-%D0%BF>.
3. Тартаковський, Е.Д. Пріоритетні напрямки досліджень у галузі тягового рухомого складу [Текст] / Е.Д. Тартаковський // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 64. – С. 5-12.
4. Мороз, В.І. Обґрунтування перспективних напрямків підвищення експлуатаційної надійності тягових передач електропоїздів серії ЕР-2 [Текст] / В.І. Мороз, О.В. Братченко, С.В. Бобрицький // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111. – С.176-182.
5. Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм [Текст]: ВНД 32.0.07.001-2001. – К., 2008. – 108 с.
6. Шамагін, В.О. Технологія ремонту рухомого складу [Текст]: навч. посібник / В.О. Шамагін. – К.: Дельта, 2008. – Ч. II. – 396 с.
7. Спосіб визначення товщини зубця симетрично розташованого відносно опор прямозубого зубчатого колеса [Текст]: Пат. 94015 Україна, МПК F16H 1/06 (2006.01) / В.І. Мороз, О.В. Братченко, С.В. Бобрицький. - №201009172; заявл. 21.07.2010; опубл. 25.03.2011, Бюл. № 6. – 2 с.

**Ключові слова:** рухомий склад, тягова зубчата передача, зубчаті колеса, технологія ремонту, цифрове зображення, цифрове описання, математичні моделі.

*Анотації*

Проаналізовано існуючі методи вимірювання товщин зубців зубчатих коліс тягових передач під час проведення деповських ремонтів. Наведено нову методику визначення зносів зубчатих коліс, яка ґрунтується на отриманні цифрових версій профілів зубців за допомогою цифрової камери та спеціального устаткування з подальшим їх аналізом у розроблених і запропонованих авторами математичних моделях. Подано рекомендації щодо подальшого застосування наведеної методики та математичних моделей для виконання досліджень, направлених на визначення характеристик зачеплення ТЗП з різними ступенями зносу зубчатих коліс.

Проанализированы существующие методы измерения толщин зубьев зубчатых колёс тяговых передач во время проведения деповских ремонтов. Приведена новая методика определения износов зубчатых колёс, которая основывается на получении цифровых версий профилей зубьев с помощью цифровой камеры и специального оборудования с последующим их анализом с помощью разработанных и предложенных авторами математических моделей. Представлены рекомендации относительно последующего применения приведенной методики и математических моделей для выполнения исследований, направленных на определение характеристик зацепления ТЗП с различными степенями износа зубчатых колёс.

The existent methods of measuring of thicknesses of points of gear-wheels of hauling transmissions are analysed during the leadthrough of depot repairs. The new method of determination of wears of gear-wheels is resulted, which is based on the receipt of digital versions

of types of points by a digital chamber and special equipment with subsequent by their analysis by the mathematical models developed and offered authors. Presented recommendation in relation to subsequent application of the resulted method and mathematical models for implementation of researches, directed on determination of descriptions of hooking of TZR with the different degrees of wear of gear-wheels.