

## Методи механічної обробки робочих поверхонь колісних пар машин рейкового транспорту

Серед широкої номенклатури спеціалізованих верстатів особливе місце займають верстати для механічної обробки робочої поверхні машин рейкового транспорту, до них відносяться колесофрезерні та колесотокарні верстати. Верстати такого типу призначені для обробки нових і зношених коліс вагонів, електровозів, тепловозів, вагонів метрополітену, моторвагонних секцій залізничного транспорту. Для відновлення робочої поверхні колісних пар рухомого складу використовуються верстати двох типів: вище рівня рейок тобто з викочуванням з-під рухомого складу, і нижче рівня рейок – без викочування.

З точки зору підвищення ефективності вагоноремонтних підприємств і залізничних депо перевагу слід віддати верстатам, які розташовано нижче рівня рейок. Основною перевагою, цих верстатів, є можливість швидкої обробки робочих поверхонь колісних пар без викочування їх з-під локомотивів і вагонів. Це особливо важливо в разі поїздів постійної складності, оскільки викочування, обробка на верстатах, які розташовані вище рівня рейок, і зворотне підкочування окремих колісних пар таких машин рейкового транспорту вимагають значного часу, спеціалізованого обладнання і тому менш ефективні.

У статті проведено аналіз актуальності і доцільності застосування типів верстатів для обробки робочих поверхонь колісних пар з викочуванням і без викочування з під локомотиву. Представлено огляд останніх досліджень і публікацій, що стосуються процесу механічної обробки робочої поверхні машин рейкового транспорту.

Розглянуто процес механічної обробки, проаналізовано інструменти, обладнання, методи її способи. У підсумку зроблено висновки про доцільність і перспективність подальших досліджень, спрямованих на підвищення ефективності процесів використання верстатів, наведених типів, для обробки робочої поверхні колісних пар машин рейкового транспорту.

**Ключові слова:** профіль робочої поверхні; колісна пара; рейковий транспорт; колесотокарний верстат; колесофрезерний верстат.

**Актуальність теми.** Ефективність, якість і собівартість механічної обробки багато в чому залежить від якості металорізального інструменту, а також ефективності його використання. Основна доля витрат на механічну обробку пов'язана з вартістю інструменту і витратами на його експлуатацію.

Підвищення ефективності механічної обробки і обробних систем за рахунок управління характером протікання фізичних процесів у системі різання, динамічним навантаженням лез, часом контакту леза зі зрізаними шаром і ослаблення в результаті цього негативної ролі нестаціонарності процесу, що створило передумови для створення принципово нових технічних рішень: інструментів, оснастки і верстатів.

Ефективне подовження ресурсу вимагає комплексного підходу, що поєднує удосконалення матеріалів, оптимізації геометрії, сучасне обладнання та суворого дотримання міжнародних стандартів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, на які спирається автор.** Під час експлуатації локомотивів магістрального та промислового залізничного транспорту періодично виникає необхідність відновлення зношеного профілю коліс без демонтажу колісних пар. Це залежить від умов експлуатації локомотивів. Їхня робота в районах з великою кількістю поворотів, наприклад, у гірській місцевості, збільшує знос коліс, особливо в області реборди. Іншим фактором, що може призвести до необхідності негайних відновлювальних робіт, є екстрене гальмування, яке призводить до утворення плоских ділянок на робочих поверхнях коліс і має бути негайно усунуто. Існує також низка інших дефектів, що вимагають ремонту колісних пар. Їх стан періодично контролюється, і, як наслідок, вони можуть бути визнані непридатними для експлуатації. Більшість дефектів колісних пар можна усунути під час їх ремонту на відповідному обладнанні. Оскільки колісна пара локомотива зазвичай є частиною колісно-моторного агрегату, її важко демонтувати з цього агрегату. Остання операція є дуже трудомісткою, вимагає значних витрат часу і може бути зроблено лише в умовах спеціалізованих депо, і може виконуватися лише під час планового капітального ремонту. Водночас поточні ремонти, які часто передбачають обробку колісних пар, проводяться досить часто. Для цього існують колесотокарні та колесофрезерні верстати, які розташовані нижче рівня рейок [1].

Питання проблем механічної обробки колісних пар та вдосконалення процесів відновлення робочих поверхонь колісних пар розглянуті в дослідженнях [1–11]. Підвищення ресурсу колісних пар розглядалось у працях [11–19].

Не зважаючи на чисельні роботи присвячені механічній обробці робочих поверхонь колісних пар не визначено переваг між методами обробки.

**Метою статті** є дослідження, оцінка та систематизація сучасних інженерних та технологічних методів механічної обробки робочих поверхонь колісних пар машин рейкового транспорту. Також проаналізувати модельний парк верстатів, визначити перспективні напрями вдосконалення технології механічної обробки робочих поверхонь колісних пар під час експлуатації рухомого складу.

**Викладення основного матеріалу.** В результаті аналізу встановлено, що механічна обробка різанням коліс залізничного транспорту супроводжується складним об'ємно-напруженим станом оброблюваного матеріалу, виділенням в зоні різання великої кількості тепла, ударними навантаженнями на різальний інструмент і іншими чинниками, утворенням великих сил різання і зносом інструменту.

Класифікацію верстатного устаткування для відновлення робочої поверхні колісних пар, можна розділити на дві групи:

– колесотокарні верстати для відновлення робочої поверхні колісних пар з викочуванням із під рухомого складу, використовують як у локомотивних депо, так і в вагонних депо, а також на заводах по ремонту рухомого складу;

– колесофрезерні верстати для відновлення робочої поверхні колісних пар без викочування із під рухомого складу, використовують у локомотивних депо, метрополітені, на підприємствах з ремонту локомотивів.

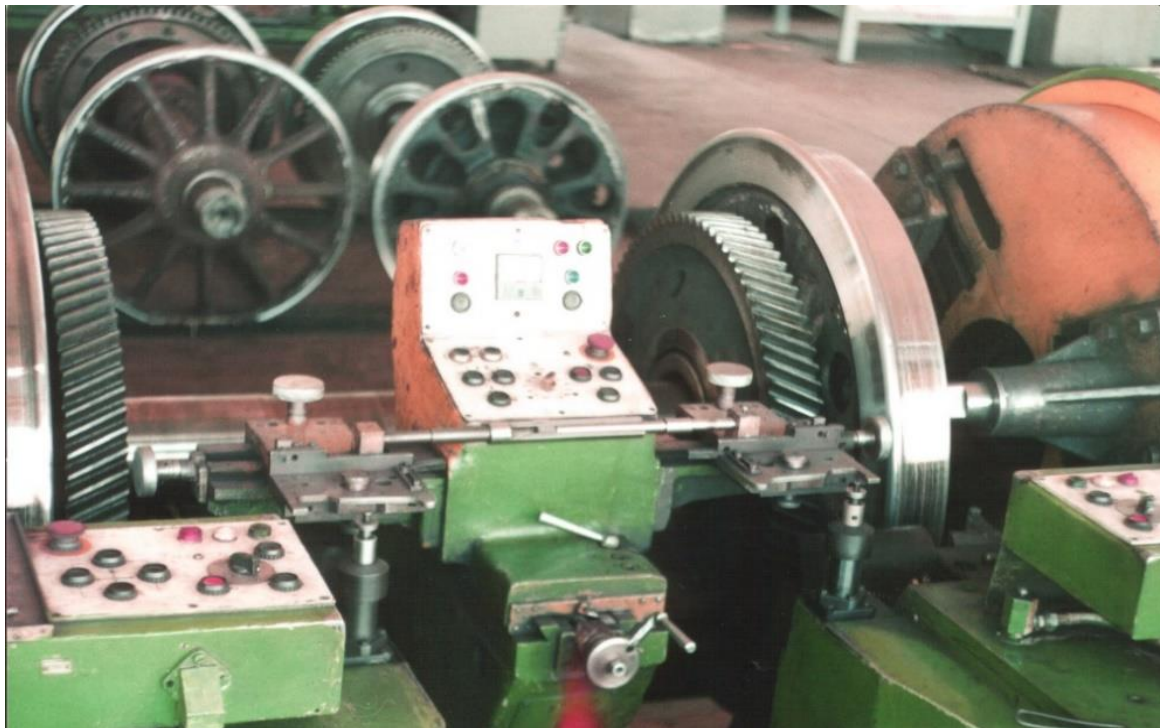
Різальний інструмент для процесу механічної обробки робочого профілю поверхні колісних пар, діляться на основні види:

- однолезовий різальний інструмент певної геометрії виготовлений з твердого сплаву – різці;
- багатолезові ріжучі інструменти, виготовлені з твердих сплавів складальні різці, фасонні фрези.

У більшості європейських країн для виконання операції відновлення робочої поверхні колісних пар використовуються підрейкові токарні верстати.

*Колесотокарні верстати для обробки профілю робочої поверхні колісних*

Обточування профілю робочої поверхні колісних пар машин рейкового транспорту різного призначення, а також локомотивів при відновлювальному ремонті здійснюється з викочуванням колісних пар в основному на верстатах КЗТС моделі 1836 і інших модифікацій, виробництва «Краматорський завод важкого верстатобудування» [20].



*Рис. 1. Обробка колісної пари на верстаті КЗТС моделі 1836*

Спеціальний колесотокарний верстат КЗТС моделі 1836Б.03 (рис. 1) призначений для виконання токарних робіт з виготовлення нових і для ремонту робочої поверхні профілю бандажів колісних пар тепловозів, електровозів і моторних секцій з шириною колії 1435 мм і 1520 мм із діаметром по колу кочення 840–1250 мм.

З верстатів, з викочуванням колісних пар з під локомотиву, фірми «RAFAMET» [21] поширені верстати моделі UBB112, UFB 125 N, UDA 125 N, UFD 140 N. Обробка профілю колеса здійснюється, на прикладі верстата моделі UBB112, двома різальними елементами, один обробляє поверхню кочення, а другий формує гребінь (рис. 2).

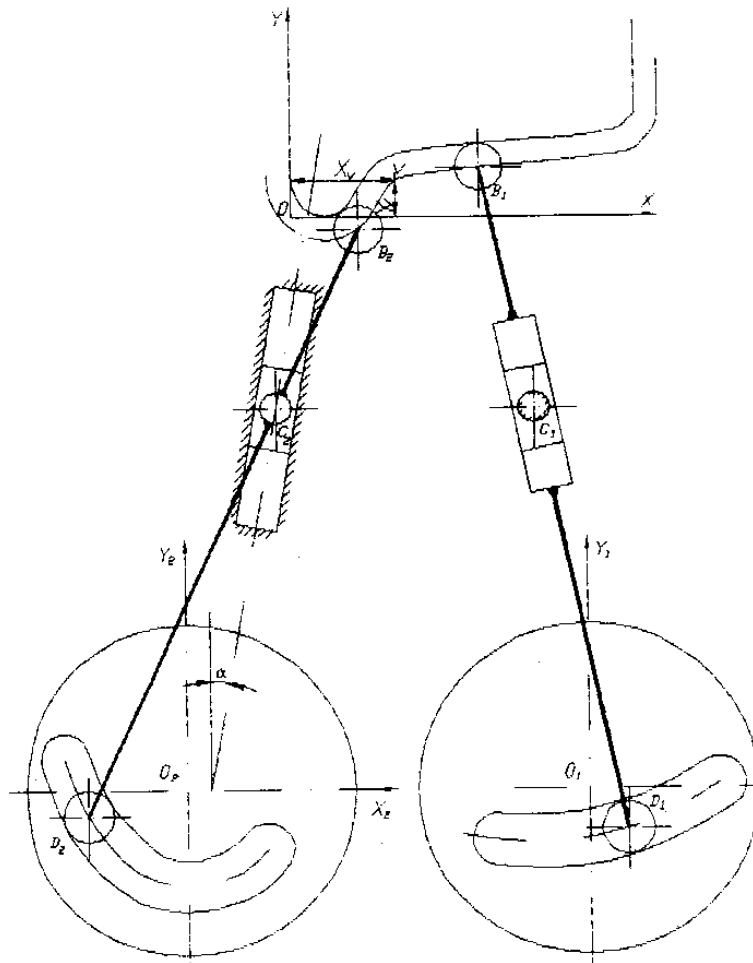


Рис. 2. Схема обточування робочої поверхні колісної пари на верстаті UBB-112 фірми «RAFAMET»

Кожний з різальних елементів приводиться в рух важелями  $B_1D_1$  і  $B_2D_2$ , у яких втулки  $D_1$  і  $D_2$  діаметром 50 мм можуть переміщатися в пазах лекал, що мають центри  $O_1$  і  $O_2$ . Необхідно також забезпечити сходження чашкових різальних елементів  $B_1$  і  $B_2$  (їхніх центрів) в одній точці  $V$ .

Основна прив'язка координат здійснюється до тієї точки, профілю робочої поверхні та віддалений від бічної грані колеса по горизонталі на  $X_V = 47,83$  мм. Відповідно до цього вибирається система координат  $XOY$ . У якості вихідних даних для визначення координат осі паза необхідно знайти в системі  $XOY$  координати еквідистантної кривої, що описують центри різальних елементів  $B_1, B_2$ . Дана крива (на рисунку показана штрихпунктирною лінією) віддалений від виконуваного профілю на величину радіуса різця  $R_r = 15,4$  мм і повинна проходити через точку  $V$ .

Обробка профілів колісних пар полягає в послідовному обході чашковим різальним елементом діаметром 27,7 мм і різальним елементом, перетин корпусу різця 40x50 мм. Глибина різання при чорновій обробці 6–10 мм, а при чистовій 1–2 мм. Верстат забезпечує продуктивну обробку колісних пар, завдяки коловому приводу, що живиться від двох двигунів змінного струму з безступінчастою регуляцією частоти обертання та керується цифровим способом. На верстаті встановлено обладнання для автоматичного та надійного вимірювання зносу профілю за допомогою контактних вимірювальних головок. Універсальне обладнання та широкі можливості програмування полегшують обробку нестандартних профілів коліс.

Як приклад можна привести сучасну продукцію польської фірми RAFAMET, верстати UGE 180 N, UGE 300/400 N [22], які дозволяють виконувати відновлювальний ремонт профілю робочої поверхні

колісних пар без викочування. Тандемний варіант дозволяє обробляти одночасно 2 колісні пари, наприклад, 2 UGE 180 N, 2 UGE 300/400 N.

У галузі залізничної техніки компанія HEGENSCHIEDT-MFD [23] була і залишається піонером та законодавцем мод у розробці, виробництві та постачанні обладнання та систем для колісних пар, ставши світовим лідером на цьому ринку.

Колесотокарні верстати зокрема, верстати U2000-150 і U2000-400 [24] верстати оснащені автоматичною системою вимірювання та гарантує високоточне перепрофілювання, яке відповідає всім відомим вимогам щодо обробки та точності. Також компанія навіть розробила верстат, який дозволяє одночасно обробляти 2 двовісні візки U2000-400Q.

Відмінність між цими верстатами полягає насамперед в осьовому навантаженні оброблюваних локомотивів. Цілком очевидно, що для ефективної експлуатації локомотивів необхідно, щоб час вимушеного простою, пов'язаного з їх ремонтом, був якомога коротшим. Тому не дивно, що згадані вище компанії пропонують нові технічні рішення, які дозволяють одночасно обробляти дві колісні пари, що не з'єднані між собою механічно.

Для усунення дефектів профілю робочої поверхні колісних пар без викочування використовують верстати A41 та його аналоги [25]. На верстаті A41 (рис. 3) обробляють колісних пар маневрових тепловозів. Верстат A41 складається з правого і лівого супортів, встановлених на станині, правого і лівого редукторів для подачі супортів, підйомного пристрою, який складається з двох гідродомкратів для підйому колісної пари, обертання колісної пари забезпечує реостат. Швидкість різання до 80 м/хв, для чорнової обробки використовують тангенціальні пластини, глибина різання до 4 мм, для чистової обробки використовують круглі пластини, глибина різання до 1 мм. Якість обробки залежить від майстерності оператора верстата.



Рис. 3. Колесотокарний верстат A41

Переваги верстата в простоті конструкції та низька собівартість. Недоліки ручна подача, низька продуктивність.

#### Колесофрезерні верстати для обробки профілю робочої поверхні колісних

Велика частина коліс відновлюється без викочування колісних пар. В даний час у різних локомотивних депо для відновлення профілю колісних пар без викочування з-під локомотива використовуються колесофрезерні верстати КЖ20 різних модифікацій. Колесофрезерні верстати КЖ20 (рис. 4) [1, 7, 8] та їх модифікації встановлені на металургійних підприємствах.

Колесофрезерні верстати КЖ20 призначені для відновлення фасонного профілю робочої поверхні бандажів та колісних пар машин рейкового транспорту без викочування з-під локомотива.



Рис. 4. Колесофрезерний верстат КЖ20 (КЗВВ)

Колесофрезерні верстати КЖ20 встановлюються у середині траншеї під колесами, залишаючи вільним пересування локомотива над верстатом. Використовують у роботі метод швидкісного фрезерування одночасно двох бандажів спеціальними фасонними фрезами. Подача фрез здійснюється перпендикулярно (під кутом  $90^\circ$ ) до осі колісної пари, уникаючи бічних зусиль і забезпечуючи точність виконання профілю.

Обертання шпинделів фасонних профільних фрез здійснюється від двигуна постійного струму, через з'єднувальні муфти і циліндричні зубчасті передачі.

Обертання оброблюваної колісної пари здійснюється від двигуна постійного струму, через черв'ячну пару і циліндричні зубчасті передачі.

Технічна характеристика колесофрезерного верстата моделі КЖ20 наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Технічна характеристика верстата моделі КЖ20

Параметр, одиниця виміру	Значення
Ширина залізничної колії, мм	1520 (1524)
Межі діаметрів колісних пар, що фрезеруються, по колу кочення, мм	850–1350
Межі довжини осі оброблюваної колісної пари, мм	2200–2600
Межі навантаження від колісної пари локомотиву на ролики верстата, кг	16000–25000
Кількість позицій інструменту і шпинделів фрез приводів головного руху	2
Межі частоти обертання шпинделів фрез (безступінчасте регулювання) об/хв	40–160
Зусилля різання на одній фрезі, кг	1430
Потужність електродвигунів приводів головного руху, кВт	30x2
Точність позиціонування по осях координат, що відображаються, мкм: по вісі X по вісі Y	100 100
Кількість провідних роликів обертання колісної пари	4
Межі робочих кругових подань провідних роликів (безступінчасте регулювання), мм/хв	25–500
Загальна встановлена потужність усіх електродвигунів, кВт	96,9
Габарити верстата, мм: довжина ширина висота	4665 5740 3288
Маса верстата, кг	39000

У фрезерних бабках передбачено ручне переміщення пінолей за допомогою маховиків і черв'ячних пар.

Привід вертикального переміщення привідних роликів від асинхронного електродвигуна змінного струму. Через циліндричні, конічні, черв'ячні передачі і гвинтові пари рух передається одночасно чотирьом домкратам, на яких змонтовані ведучі ролики. Привід переміщення центрових бабок здійснюється від асинхронного трьохшвидкісного електродвигуна через циліндричні і конічні передачі на гвинтові пари.

Верстат оснащений двома приводами обертання, обертання фрез здійснюється від електродвигунів постійного струму 30 кВт, 1800 об/хв. Навантаження на електродвигуни контролюється амперметрами, розташованими на пультах управління.

Управління приводом обертання фрез здійснюється регулятором, розташованим на лівому пульті.

Рейки нерухомі і механізм рухомих рейок монтується на тумбах і кріпляться до фундаменту. Вони розташовані перед і за верстатом, поєднуючи його, таким чином з цеховими рейками. Рейки розташовані над роликками. Під час обробки профілю робочої поверхні колісної пари, рухомі рейки за допомогою гідроциліндрів, відведені.

Управління рейками здійснюється кнопками, розташованими на пульті управління.

Положення рухомих рейок контролюється кінцевими вимикачами із загорянням сигнальних ламп.

Верстати такого типу вперше з'явилися у США. Фасонна фреза (рис. 5) є різальним інструментом, у якого різальна кромка не паралельна осі обертання і є сукупністю кривих і прямих ліній, а профіль робочої поверхні колеса утворюється в результаті обертання різальної кромки відносно осі інструменту.

Для збільшення терміну служби циліндричних різальних елементів їх необхідно повернути по осі, а різальні елементи що мають відколи, або граничний знос, перед обробкою наступної колісної пари необхідно замінити.

Спеціальні збірні фасонні фрези [9] складаються з корпусу 1 (рис. 6), в пазах якого встановлені різцетримачі 2. Кріплення різцетримачів здійснюється гвинтами 3 і клиноподібними сухарями 4, при цьому торець різцетримача з боку гребеня повинен бути притиснутий до базового кільця 5 гвинтом 8. Різцетримачі встановлюються в пази корпусу в строго визначеному порядку і повинні маркуватися згідно з номерами пазів. Ліве (базове) кільце 5 і праве 6 кріпляться до корпусу гвинтами 7.

Твердосплавні циліндричні різальні елементи 9 спеціальних збірних фасонних фрез вставляються в отвори різцетримачів і кріпляться в них за допомогою гвинтів 10 і гайок 13. Під циліндричні різальні елементи встановлюються компенсаційні шайби 12 різної товщини. З їх допомогою досягається необхідна точність розташування циліндричних різальних елементів. За конструкцією ліва і права фасонні фрези аналогічні.

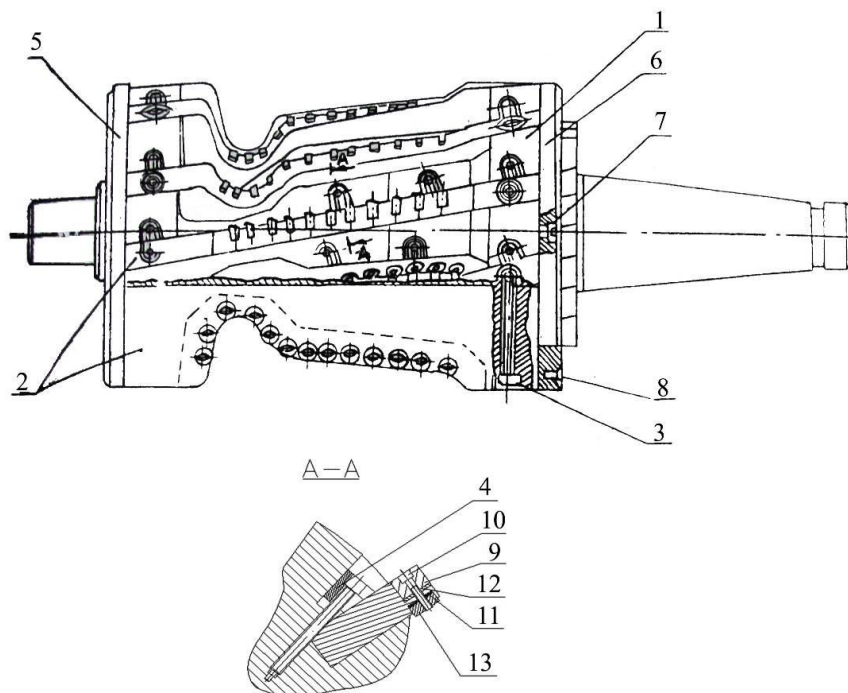


Рис. 6. Спеціальна фасонна фреза

Фасонні фрези складаються з 10 різцетримачів з фасонним профілем, в кожній встановлюються в середньому по 12 різців з міжосьовою відстанню 1,8 мм.

Фірма «NSH» (Niles-Simmons-Hegenscheidt) [26] як переваги вказує, що фрезеруванню має кращі характеристики динаміки різання, у фрез (рис. 7) цієї фірми застосовується від 115 до 185 ріжучих поверхонь, при точінні – одна ріжуча поверхня. Якість робочої поверхні профілю складає 0,25 мм. Фасонна фреза складається з 16 різцетримачів фасонного профілю, встановлених з нахилом в корпус фрези. У циліндричних гніздах різцетримачів встановлено 184 твердосплавних різальних елементів. Кріплення різцетримачів в корпусі здійснюється клинами, гвинтами і торцевими кришками, а кріплення різальних елементів в різцетримачах - гвинтами через внутрішні отвори. У одній з торцевих кришок фрези передбачені отвори для консольного кріплення інструменту до шпинделя верстата.

Переваги фасонної фрези фірми «NSH»: плавність різання, хороше дроблення стружки, підвищена сумарна стійкість різальних кромок завдяки можливості повороту і переустановлення різальних елементів.

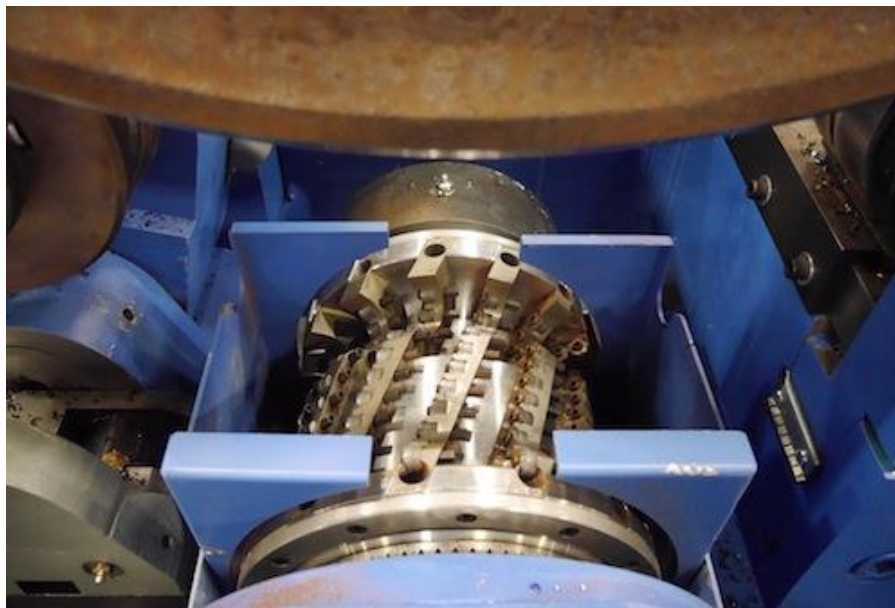


Рис. 7. Фреза фірми «NSH» на верстаті TN-84C [27]

Недоліки фрези полягають в тому, що її різцетримачі також порівняно швидко виходять з ладу через інтенсивний знос ділянок поверхні між різальними елементами.

Деякі технічні характеристики верстатів наведено у таблицях 2–3.

Таблиця 2

Технічні характеристики верстатів

Виробник, країна модель верстата	Граничні діаметри оброблюваних коліс, мм	Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	Кількість супортів (шпинделів)	Швидкість різання, м / хв	Мах / min зусилля на вісь, тс	Межі подачі, мм / об
Hegenscheidt-MFD (Німеччина) U2000-400[24]	350–1400	-	2	-	40	-
«NSH» (США), TN-84C [25]	585–1475	76	2	30	50	
КЗВВ, Україна, КЖ20	850–1350	2x30	2	30, 45, 90, 120	-	35–500
Івано-Франківськ, Україна, А41	150–1400	7,5	1	80	-	1,4; 1,5; 1,6; 1,7
Rafamet S.F. Польща, UGE-300/400N [22]	540–1500	4x15	2	20–80	30/40	-

Таблиця 3

## Показники точності верстатів

Виробник, країна модель верстата	Максимальний переріз стружки, м <sup>2</sup>	Час обробки однієї колісної пари, год	Радіальне биття кола кочення, мм	Шорсткість Ra, мкм	Точність профілю
Hegenscheidt-MFD (Німеччина) U2000-400	10	-	≤0,1	≤63	≤0,2
КЗВВ, Україна, КЖ20	-	45 хв	≤0,5	10–20	0,25
Rafamet S.F. Польща, UGE-300/400N [22]	10	-	≤0,1	≤12	≤0,15

В статті [28] вказується, що причиною зниження якості обробки профілю робочих поверхонь коліс при їх токарній обробці може бути недостатня жорсткість конструкції, що призводить до виникнення додаткових вібрацій.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Верстати для обробки робочої поверхні колісних пар машин рейкового транспорту, які є локомотивних депо і ремонтних цехах підприємств знаходяться в експлуатації більше 30 років.

Технологічний процес обробки робочих поверхонь колісних пар без викочування з під локомотиву є більш економічним, скорочує простої під час ремонту.

Метод колесофрезерної обробки без викочування колісних пар, найбільш поширений серед методів формоутворення робочого профілю поверхні колісних пар, мають низьку продуктивність обробки з наступних причин:

– високий ступінь нестационарності процесу різання, яка виражається в значних коливаннях перетину зрізаного шару при формоутворенні поверхні профіля нового колеса і динамічних ударних навантажень від поверхневих термомеханічних дефектів;

– загальна динамічна незбалансованість вітчизняних колісних пар не дозволяє при існуючій конструкції верстатного устаткування і міцності ріжучого інструменту збільшити швидкість різання більш 80 м/хв.

Як було наведено вище, у вітчизняних локомотивних депо та підприємствах з ремонту машин рейкового транспорту є розповсюдженими верстати КЖ20 та модифікації, не зважаючи на недоліки є доцільним вдосконалювати фасонні фрези до цих верстатів.

Перспективним напрямком у відновленні робочих поверхонь колісних пар без викочування з-під локомотива, є використання верстатів з числовим програмним керуванням.

**Список використаної літератури:**

1. *Stadkowski A.* Increasing the resource of milling cutters used to process the locomotive wheelsets. Part 1: Determination of cutting forces / *A.Stadkowski, Yu.Proydak, V.Ruban* // *Transport Problems*. – 2020. – Vol. 15, № 3. – P. 139–1151. DOI: 10.21307/tp-2020-040.
2. *Данилевський В.І.* Відновлення профілю кочення колісних пар без викочування під час експлуатації рухомого складу / *В.І. Данилевський, С.В. Остапець, В.М. Тарасюк* // *Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології»*. – 2017. – Вип. 30. – С. 10–15.
3. *Шаповалов В.Ф.* Моделювання дуплексної фрези і умов формоутворення обробки колісних пар магістральних електровозів, тепловозів, електросекцій / *В.Ф. Шаповалов, О.А. Пермяков, О.О. Ключко* // *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. – 2019. – № 3 (9). – С. 118–126. DOI: 10.30837/2522-9818.2019.9.118.
4. *Вібродіагностика верстата для оброблення колісних пар* / *В.М. Тіхенко, В.І. Старцев, О.О. Анісімов, С.В. Пчелінський* // *Вісник чернігівського державного технологічного університету*. – 2015. – № 2 (78). – С. 60–64.
5. *Ковальов В.Д.* Дослідження процесу ремонтного відновлення колісних пар рухомого складу токарною обробкою / *В.Д. Ковальов, С.О. Гаков, Т.О. Сукова* // *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»*. Серія : Технології в машинобудуванні. – 2010. – № 53. – С. 39–48.
6. *Науковий підхід до методів збільшення життєвого циклу колісних пар рухомого складу залізниць* / *С.Сапронова, В.Ткаченко, Н.Брайковська, Є.Зуб* // *Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології»*. – 2021. – Вип. 38. – С. 164–172.
7. *Рубан В.М.* Моделювання процесу механічної обробки профілю робочої поверхні колісних пар на верстатах КЖ20 / *В.М. Рубан* // *Технічна інженерія*. – 2020. – № 2 (86). – С. 54–60.

8. Рубан В.М. Теоретичне дослідження умов рівномірного фрезерування робочих поверхонь колісних пар / В.М. Рубан // ВІСНИК ХНТУ. – 2022. – № 1 (80). – С. 28–35. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2022.1.3.
9. Сладковскі О. Підвищення ефективності використання ріжучих елементів спеціальних фасонних фрез до верстатів КЖ20 / О.Сладковскі, В.М. Рубан // Технічна інженерія. – 2022. – № 1 (85). – С. 71–80. DOI: 10.26642/ten-2020-1(85)-71-80.
10. Мироненко С.В. Підвищення ефективності процесу відновлення колісних пар на колісотокарних верстатах / С.В. Мироненко, І.І. Полупан, С.Л. Міранцов // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2018) : матеріали тез доповідей VIII міжнародної науково-практичної конференції, 10–12 травня. – Чернігів : ЧНТУ, 2018. – Т. 1. – С. 103–104.
11. Мироненко С.В. Дослідження коливань збірних різців в процесі відновлення колісних пар / С.В. Мироненко, С.Л. Міранцов, І.І. Полупан // Прогресивні технології в машинобудуванні : збірник наукових праць VII-ої Міжнародної науково-технічної конференції, 5–9 лютого. – 2018. – С. 100–102.
12. Воробійов О.В. Оцінка сучасних методів подовження міжремонтних пробігів колісних пар залізничного транспорту / О.В. Воробійов // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2025. – № 10 (296). – С. 78–83. DOI: 10.33216/1998-7927-2025-296-10-78-83.
13. Валевич М.Л. Структура та тріщиноутворення робочих поверхонь зміщених бандажів залізничних коліс : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.16.01 / М.Л. Валевич. – К. : Нац. акад. наук України, Фіз.-технол. ін-т металів та сплавів, 2009. – 25 с.
14. Класифікація несправностей вагонних колісних пар та їх елементів. – К. : Державна адміністрація залізничного транспорту України, 2006. – 79 с.
15. Кульбовський І.І. Аналіз впливу змін умов експлуатації взаємодіючої пари рейка-колесо на знос поверхні кочення в проєктах залізничного транспорту / І.І. Кульбовський, В.О. Демченко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2015. – Вип. 93. – С. 192–205.
16. Вакулєнко І.О. Зміна твердості металу по поверхні кочення залізничних коліс після формування повзуна / І.О. Вакулєнко, В.Г. Анофрієв, Ю.Л. Надеждін // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – С. 256–258. DOI: 10.15802/stp2010/13524.
17. Андрейко І. Дослідження пошкоджуваності поверхні кочення залізничних коліс / І.Андрейко, В.Кулик, В.Прокопець // Машинознавство. – 2011. – № 1–2. – С. 32–36.
18. Грищенко М.А. Підвищення експлуатаційної безпеки елементів колісних пар на основі визначення механізмів формування дефектів : дис. ... к.т.н. : 05.22.20 / М.А. Грищенко. – Дніпропетровськ : Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, 2015. – 173 с.
19. Харламов П.О. Підвищення ресурсу колісних пар локомотивів в умовах депо / П.О. Харламов, О.С. Люлін // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2014. – Вип. 147. – С. 61–68.
20. Полупан І.І. Підвищення ефективності процесу відновлення профілю колісних пар збірними різцями : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / І.І. Полупан. – 2016. – 213 с.
21. Machines for railways [Online], available at: <https://www.rafamet.com/en/products/machines-for-railways>.
22. UGE 300 N / 2 UGE 300 N [Online], available at: [https://www.rafamet.com/images/produkt/uge300-400n/Product\\_card\\_2UGE\\_300N\\_2026.pdf](https://www.rafamet.com/images/produkt/uge300-400n/Product_card_2UGE_300N_2026.pdf)
23. Machines for Wheelset Machining: Pioneers, trendsetters and world market leaders [Online], available at: <https://www.hegenschmidt.com/en/machine-portfolio/machines-for-wheelset-machining/>.
24. HEGENSCHMIDT U2000-400 [Online], available at: <https://www.hegenschmidt.com/en/machine-portfolio/machines-for-wheelset-machining/underfloor-wheelset-lathes/u2000-400/>.
25. Верстат для обточування колісних пар [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ktehnika.com/uk/node/28>.
26. NSH USA Corporation [Online], available at: <https://nsh-usa.com/>.
27. Stanray TN-84C Underfloor Wheel Truing Machine [Online], available at: <https://nsh-usa.com/machine/wheel-truing-machine/>
28. Lehrich K. Identifying the causes of deterioration in the surface finish of a workpiece machined on a rail wheel lathe / K.Lehrich, M.Wąsik, J.Kosmol // Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability. – 2018. – Vol. 20, № 3. – P. 352–358.

## References:

1. Śladkowski, A., Proydak, Yu. and Ruban, V. (2020), «Increasing the resource of milling cutters used to process the locomotive wheelsets. Part 1: Determination of cutting forces», *Transport Problems*, Vol. 15, No. 3, pp. 139–1151, doi: 10.21307/tp-2020-040.
2. Danylevskiy, V.I., Ostapets, S.V. and Tarasiuk, V.M. (2017), «Vidnovlennia profilu kochennia kolisnykh par bez vykochuvannia pid chas ekspluatatsii rukhomoho skladu», *Zbirnyk naukovykh prats DETUT. Seriya «Transportni systemy i tekhnologii»*, Issue 30, pp. 10–15.
3. Shapovalov, V.F., Permiakov, O.A. and Klochko, O.O. (2019), «Modeliuvannia dupleksnoi frezy i umov formoutvorennia obrobky kolisnykh par mahistralnykh elektrovoziv, teplovoziv, elektroseksii», *Suchasnyi stan naukovykh doslidzhen ta tekhnologii v promyslovosti*, No. 3 (9), pp. 118–126, doi: 10.30837/2522-9818.2019.9.118.
4. Tikhenko, V.M., Startsev, V.I., Anisimov, O.O. and Pchelinskyi, S.V. (2015), «Vibrodiagnostyka verstata dlia obroblynnia kolisnykh par», *Visnyk chernihivskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu*, No. 2 (78), pp. 60–64.
5. Kovalov, V.D., Nakov, S.O. and Sukova, T.O. (2010), «Doslidzhennia protsesu remontnoho vidnovlennia kolisnykh par rukhomoho skladu tokarnoiu obrobkoiu», *Visnyk Nats. tekhn. un-tu «KhPI»*. Seriya. *Tekhnologii v mashynobuduvanni*, No. 53, pp. 39–48.

6. Sapronova, S., Tkachenko, V., Braikivska, N. and Zub, Ye. (2021), «Naukovyi pidkhd do metodiv zbilshennia zhyttievoho tsykladu kolisnykh par rukhomoho skladu zaliznyts», *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Seriya «Transportni systemy i tekhnologii»*, Issue 38, pp. 164–172.
7. Ruban, V.M. (2020), «Modeliuvannia protsesu mekhanichnoi obrobky profilu robochoi poverkhni kolisnykh par na verstatakh KZh20», *Tekhnichna inzheneriia*, No. 2 (86), pp. 54–60.
8. Ruban, V.M. (2022), «Teoretychne doslidzhennia umov rivnomirnoho frezeruvannia robochykh poverkhon kolisnykh par», *VISNYK KhNTU*, No. 1 (80), pp. 28–35, doi: 10.35546/kntu2078-4481.2022.1.3.
9. Sladkovski, O. and Ruban, V.M. (2022), «Pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannia rizhuchykh elementiv spetsialnykh fasonnykh frez do verstativ KZh20», *Tekhnichna inzheneriia*, No. 1 (85), pp. 71–80, doi: 10.26642/ten-2020-1(85)-71-80.
10. Myronenko, Ye.V., Polupan, I.I. and Mirantsov, S.L. (2018), «Pidvyshchennia efektyvnosti protsesu vidnovlennia kolisnykh par na kolisotokarnykh verstatakh», *Kompleksne zabezpechennia yakosti tekhnologichnykh protsesiv ta system (KZiaTPS – 2018)*, materialy tez dopovidei VIII mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi konferentsii, 10–12 travnia, ChNTU, Chernihiv, Vol. 1, pp. 103–104.
11. Myronenko, Ye.V., Mirantsov, S.L. and Polupan, I.I. (2018), «Doslidzhennia kolyvan zbirnykh riztsiv v protsesi vidnovlennia kolisnykh par», *Prohresyvni tekhnologii v mashynobuduvanni*, zbirnyk naukovykh prats VII-oi Mizhnarodnoi naukovy-tekhnichnoi konferentsii, 5–9 liutoho, Lviv, pp. 100–102.
12. Vorobiov, O.V. (2025), «Otsinka suchasnykh metodiv podovzhennia mizhremontnykh probihiv kolisnykh par zaliznychnoho transportu», *Visnyk skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia*, No. 10 (296), pp. 78–83, doi: 10.33216/1998-7927-2025-296-10-78-83.
13. Valevich, M.L. (2009), «Struktura ta trishchynoutvorennia robochykh poverkhon zmitsnykh bandazhiv zaliznychnykh kolis», Abstract of Ph.D. dissertation, 05.16.01, Nats. akad. nauk Ukrainy, Fiz.-tekhnol. in-t metaliv ta splaviv, K., 25 p.
14. *Klasyfikatsiia nespravnostei vahonnykh kolisnykh par ta yikh elementiv* (2006), Derzhavna administratsiia zaliznychnoho transportu Ukrainy, K., 79 p.
15. Kulbovskiy, I.I. and Demchenko, V.O. (2015), «Analiz vplyvu zmin umov ekspluatatsii vzaiemodiiuchoi pary reika-koleso na znos poverkhni kochennia v proiektakh zaliznychnoho transportu», *Avtomobilni dorohy i dorozhne budivnytstvo*, Issue 93, pp. 192–205.
16. Vakulenko, I.O., Anofriiev, V.H. and Nadezhdin, Yu.L. (2010), «Zmina tverdosti metalu po poverkhni kochennia zaliznychnykh kolis pislia formuvannia povzuna», *Visn. Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V.Lazariana*, Issue 31, pp. 256–258, doi: 10.15802/stp2010/13524.
17. Andreiko, I., Kulyk, V. and Prokopets, V. (2011), «Doslidzhennia poshkodzhuvanosti poverkhni kochennia zaliznychnykh kolis», *Mashynoznavstvo*, No. 1–2, pp. 32–36.
18. Hryshchenko, M.A. (2015), «Pidvyshchennia ekspluatatsiinoi bezpeky elementiv kolisnykh par na osnovi vyznachennia mekhanizmiv formuvannia defektiv», Ph.D. Thesis of dissertation, 05.22.20, Dnipropetrovskiy natsionalnyi universytet zaliznychnoho transportu imeni akademika V.Lazariana, Dnipropetrovsk, 173 p.
19. Kharlamov, P.O. and Liulin, O.S. (2014), «Pidvyshchennia resursu kolisnykh par lokomotyviv v umovakh depo», *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT*, Issue 147, pp. 61–68.
20. Polupan, I.I. (2016), «Pidvyshchennia efektyvnosti protsesu vidnovlennia profilu kolisnykh par zbirnymy riztsiamy», Ph.D. Thesis of dissertation, 213 p.
21. «Machines for railways», [Online], available at: <https://www.rafamet.com/en/products/machines-for-railways>
22. «UGE 300 N / 2 UGE 300 N», [Online], available at: [https://www.rafamet.com/images/produkty/uge300-400n/Product\\_card\\_2UGE\\_300N\\_2026.pdf](https://www.rafamet.com/images/produkty/uge300-400n/Product_card_2UGE_300N_2026.pdf)
23. «Machines for Wheelset Machining: Pioneers, trendsetters and world market leaders», [Online], available at: <https://www.hegenscheidt.com/en/machine-portfolio/machines-for-wheelset-machining/>
24. «HEGENSCHEIDT U2000-400», [Online], available at: <https://www.hegenscheidt.com/en/machine-portfolio/machines-for-wheelset-machining/underfloor-wheelset-lathes/u2000-400/>
25. «Verstat dlia obtochuvannia kolisnykh par», [Online], available at: <http://www.ktehnika.com/uk/node/28>
26. «NSH USA Corporation», [Online], available at: <https://nsh-usa.com/>
27. «Stanray TN-84C Underfloor Wheel Truing Machine», [Online], available at: <https://nsh-usa.com/machine/wheel-truing-machine/>
28. Lehrich, K., Wąsik, M. and Kosmol, J. (2018), «Identifying the causes of deterioration in the surface finish of a workpiece machined on a rail wheel lathe», *Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability*, Vol. 20, No. 3, pp. 352–358.

**Рубан** Владислав Миколайович – доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-9216-3506>.

Наукові інтереси:

– дослідження роботи устаткування та вдосконалення процесу відновлення робочої поверхні колісних пар машин рейкового транспорту.

E-mail: Ruban.V.M@nmu.one.

**Ruban V.M.**

**Methods for the mechanical machining of working surfaces on wheel sets of rail vehicles**

Among the wide range of specialized machines, those designed for machining the running surfaces of railway vehicles hold a special place; these include machines for milling and turning wheels. Machines of this type are designed for machining new and worn wheels of passenger cars, electric locomotives, diesel locomotives, subway cars, and car sections. Two types of machines are used to restore the running surfaces of rolling stock wheel sets: those located above rail level, which require the rolling stock to be removed, and those located below rail level, which do not require removal.

From the perspective of improving the efficiency of railcar repair shops and railway depots, priority should be given to machines located below rail level. The main advantage of these machines is the ability to quickly machine the running surfaces of wheelsets without removing them from locomotives and railcars. This is particularly important for fixed-formation trains, as the removal, machining on machines located above rail level, and return of individual wheel sets for such rolling stock require significant time and specialized equipment, and are therefore less efficient.

This article analyzes the relevance and feasibility of using various types of machine tools for machining the running surfaces of wheel sets, both with and without rolling them out from under the locomotive. It provides an overview of recent studies and publications concerning the machining process of the running surfaces of rail vehicles.

The machining process is examined, and the tools, equipment, methods, and techniques are analyzed. As a result, conclusions are drawn regarding the feasibility and promise of further research aimed at improving the efficiency of using the aforementioned types of machine tools for machining the running surfaces of wheel sets on rail transport vehicles.

**Keywords:** working surface profile; wheel set; rail transport; wheel lathe; wheel milling machine.

Стаття надійшла до редакції 15.01.2026.