

ISBN 978-83-945717-6-4

Conference proceedings
Transport Problems 2018

X INTERNATIONAL
SCIENTIFIC
CONFERENCE

27.06-29.06 2018
Katowice
Wista

VII INTERNATIONAL
SYMPOSIUM OF YOUNG
RESEARCHERS

25.06-26.06 2018
Katowice



Silesian
University
of Technology

UNDER THE HONORARY PATRONAGE OF MAYOR OF
KATOWICE CITY

AND RECTOR OF SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Transport
Silesian University of Technology

Silesian University of Technology
Faculty of Transport



Transport Problems 2018

Proceedings

X International Scientific Conference

VII International Symposium of Young Researchers

**UNDER THE HONORARY PATRONAGE OF MAYOR OF KATOWICE CITY
AND RECTOR OF SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**



**Silesian University
of Technology**

ISBN 978-83-945717-6-4

Transport Problems
International Scientific Journal



**Silesian University of Technology
Publication
Faculty of Transport**

Edition and reviews

Prof. Aleksander Sładkowski

Technical edition

Dr. Maria Cieśla

Prof. Piotr Czech

Dr. Tomasz Haniszewski

Msc Michał Juzek

Msc Paweł Marzec

Dr. habil. Grzegorz Peruń

Prof. Grzegorz Wojnar



Silesian University of Technology
Faculty of Transport
40-019 Katowice, Krasińskiego st. 8, room 111
tel. +48 32 603 41 46
mail: tp@polsl.pl

No.	Authors, Title	Pages	
		Begin	End
12.	Paweł MARZEC, Grzegorz KUBICA, Robert SUROWIEC <i>Development of the method of identifying the combustion process in the working cycle in the SI engine based on the in-cylinder pressure measurement</i>	887	895
13.	Tadeusz OPASIAK, Grzegorz PERUŃ <i>Model of the belt conveyor with a flexible coupling in power transmission system</i>	896	902
14.	Yuriy OSENIN, Igor SOSNOV, Evgeniy SHAPRAN, Aleksei CHESNOKOV, Natalia BEN-PONOMARENKO <i>Electromagnetic system for improving the adhesion of wheels to rails</i>	903	909
15.	Grzegorz PERUŃ, Tadeusz OPASIAK <i>Determination of technical state of "eco" type rollers</i>	910	916
16.	Zhanarys RAIMBEKOV, Yerzhan AMIRBEKULY, Bakyt SYZDYKBAYEVA, Kunduz SHARIPBEKOVA <i>Assessment of the level of development of transport and logistics infrastructure in Kazakhstan</i>	917	926
17.	Zhanarys RAIMBEKOV, Bakyt SYZDYKBAYEVA, Zhibek RAKHMETULINA, Darima ZHENSKHAN <i>Impact evaluation of factors on the development efficiency of the economies of the silk road countries, passing through the international corridors of Kazakhstan</i>	927	944
18.	Aleksander SŁADKOWSKI, Yuriy PROJDAK, Vladislav RUBAN <i>Increase of resource of the shaped milling cutters for KG20 machine-tools</i>	945	952
19.	Bakyt SYZDYKBAYEVA, Zhanarys RAIMBEKOV, Kamshat MUSSINA, Kunduz SHARIPBEKOVA <i>Development of the logistics system for commodity circulation in the regions of Kazakhstan: theoretical and practical analysis</i>	953	966
20.	Bożena SZCZUCKA-LASOTA, Kamil ZIMNICKI <i>Development of a computer program supporting selected transportation and forwarding processes</i>	967	976
21.	Krystian SZEWCZYŃSKI, Sebastian WIERZBICKI, Przemysław MARZEC, Mateusz JEZUSEK <i>Concept of test stand for studying human reaction time</i>	977	983
22.	Ján VLNKA, Ján BIZUB, Jozef PAVELKA, Roman CABAN <i>Fuel cell laboratory</i>	984	989

Ключевые слова: цилиндрические резцы, фасонная фреза, рабочая поверхность профиля, колесная пара, машина рельсового транспорта

Aleksander ŚLADKOWSKI

Silesian University of Technology Faculty of Transport

Krasinskiego, 8, 40-019 Katowice, Poland

Yuriy PROJDAK, Vladislav RUBAN*

National Metallurgical Academy of Ukraine

Gagarina av., 4, Dnipro, 49600, Ukraine

*Corresponding author. E-mail: VladislavRuban@ua.fm

INCREASE OF RESOURCE OF THE SHAPED MILLING CUTTERS FOR KG20 MACHINE-TOOLS

Summary. The questions of work of cylindrical chisels are considered, power and tense descriptions with the purpose of possibility, increases of tenure of employment of the shaped milling cutters for providing of upgrading of working surface of profile of wheelpairs of machines of calotype transport are certain.

УВЕЛИЧЕНИЕ РЕСУРСА ФАСОННЫХ ФРЕЗ ДЛЯ СТАНКОВ КЖ20

Аннотация. Рассмотрены вопросы работы цилиндрических резцов, определены силовые и напряженные характеристики с целью возможности, увеличения срока службы фасонных фрез для обеспечения повышения качества рабочей поверхности профиля колесных пар машин рельсового транспорта.

1. ВВЕДЕНИЕ

Колесная пара является одним из наиболее ответственных узлов, и от состояния рабочей поверхности профиля колесной пары зависит надежность работы подвижного состава и безопасность движения.

В железнодорожных локомотивных депо и в транспортных цехах крупных металлургических предприятий для ремонтного восстановления профиля рабочей поверхности колесных пар машин рельсового транспорта используются колесофрезерные станки КЖ20 и их модификации [1].

На этих станках восстановление профиля рабочей поверхности осуществляется без выкатки колесных пар из-под локомотива, с помощью комплекта специальных сборных фрез. Сборные фрезы состоят из корпуса, в котором установлены ножи с твердосплавными цилиндрическими резцами.

Режущий инструмент является ключевым элементом в технологической системе, служащий для удаления дефектного слоя и обладающий наименьшей надежностью. На практике для увеличения срока службы режущего инструмента зачастую снижают режимы резания, поэтому повышение прочности режущей части актуальна [2].

В условиях повышения скоростей и применения колесных пар повышенной твердости [3, 4], предъявляются требования к повышению точности и качества обработки профиля рабочей

поверхности колесных пар машин рельсового транспорта, с одновременным снижением расходов и себестоимости.

Подвижной состав относится к технике повышенной опасности, поэтому к колесным парам предъявляются высокие требования по точности рабочих контуров и качества при минимальных расходах на их возобновление при ремонте.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДЕФЕКТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЦОВ

В качестве цилиндрических резцов для специальных фрез к станку КЖ20 используют пластины RNUX 1212 MO TN марки сплавов KC – 25, T14K8 [4].

Твердый сплав T14K8 (рис. 1) относится к титановольфрамовым сплавам, которые имеют в своем составе карбид титана, карбид вольфрама и кобальт. Обозначается буквами ТК, при этом цифра, стоящая после букв Т обозначает % содержание карбидов титана, а после буквы К - содержание кобальта. К этой группе относятся следующие марки: T5K10, T14K8, T15K6, T30K4.

Tab. 1

Характеристики материала T14K8

Марка сплава	WC%	TiC%	Co%	Прочность на изгиб, (σ), МПа	Твердость, HRA	Плотность (ρ), г/см ³	Теплопроводность (λ), Вт/м·°C	Модуль Юнга (E), ГПа
T14K8	78	14	8	1300	89,5	11,6	16,7	520

Аналоги классифицируют по DIN4990 (ISO 513:1990) и относят к подгруппе P20 [5]. Применяется данный материал для обработки материалов резанием: чернового точения при неравномерном сечении среза и непрерывном резании, полустогового и чистового точения при прерывистом резании; чернового фрезерования сплошных поверхностей; рассверливания литых и кованных отверстий, чернового зенкерования и других подобных видов обработки углеродистых и легированных сталей.

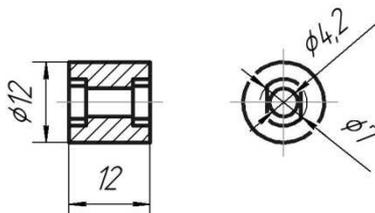


Fig.1. Geometry of a cylindrical cutter T14K8

Рис. 1. Геометрия цилиндрического резца T14K8

В классификации отказов работоспособности инструмента выделены две основные группы – износ и разрушение. Разрушение, в свою очередь, принято разделять на пластическое и хрупкое, а хрупкое разрушение – на выкрашивания и сколы. Причиной появления выкрашиваний (отделения небольших частиц в пределах зоны контакта) принято считать циклические термические и силовые напряжения в режущем клине, которые приводят к усталостному разрушению материала режущего инструмента. Сколы - разрушение режущей части, вызванное исключительно неблагоприятной силовой нагрузкой со стороны срезаемого слоя. Характер разрушений – сколы крупных частей лезвия, развивающиеся из зоны передней поверхности, расположенной за пределами контакта инструмента со стружкой – приводит к выводу о возникновении в этой зоне критических растягивающих напряжений, превышающих предел прочности инструментального материала [6].

На рис. 2 представлены некоторые дефекты цилиндрических резцов для фасонных фрез, полученные при восстановительном ремонте рабочей поверхности колесных пар.



Fig. 2. Defects of cylindrical incisors
Рис. 2. Дефекты цилиндрических резцов

Комплект цилиндрических твердосплавных резцов специальной фасонной фрезы для станка КЖ20, при использовании их с двух сторон, должен обеспечивать восстановление профиля рабочей поверхности для 16 - 18 колесных пар локомотивов. Как видно из рис. 2, по количеству сколов и выкрашиваний на режущей поверхности цилиндрических резцов, можно сделать вывод, что среднее количество обработанных колесных пар около половины от намеченных. Качество обработанной поверхности зависит от состояния цилиндрических резцов.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ РЕЗЕЦ

При определении силы резания существует зависимость от многих факторов, основными из которых являются: механические свойства обрабатываемого материала, его твердость, прочность, способность к упрочнению (наклепу).

Для определения силы резания [7] воспользуемся упрощенным выражением

$$P_z = 9,807 \cdot \rho \cdot f, \text{Н} \quad (1)$$

где: ρ – удельное давление резания, для стали с пределом прочности при растяжении $\sigma_s = 100 \text{ кгс/мм}^2$, $K = 235 \text{ кгс/мм}^2$; f - площадь поперечного сечения, мм^2 .

Площадь поперечного сечения определим с помощью интеграла

$$f = \int_b^a \sqrt{r^2 - (x-t)^2} - \sqrt{r^2 - x^2} dx - \int_c^a d - \sqrt{r^2 - x^2} dx, \text{ мм}^2 \quad (2)$$

где:

- r – радиус цилиндрического резца, $r=6\text{мм}$;
- a – абсцисса точки контакта окружности резца на выходе;
- b – абсцисса точки пересечения окружностей резцов;
- c - абсцисса точки контакта окружности резца на входе;
- d – расстояние от центра резца до линии контакта с обрабатываемой поверхностью;
- t – межцентровое расстояние между резцами в соседних ножах:

$$t = \frac{L_\Sigma}{n_\Sigma}, \text{ мм} \quad (3)$$

где:

L_{Σ} - суммарная длина отрезков рабочей поверхности профиля; n_{Σ} - суммарное число цилиндрических резцов фасонной фрезы.

В работе [8] рассмотрены вопросы разработки, эксплуатации и указаны преимущества профилей ДМетИ (рис. 3) для рабочей поверхности колесных пар машин рельсового транспорта.

Профили ДМетИ вошли в «Инструкцию по формированию, ремонту и содержанию тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм» Украины, России, Казахстана [9,10,11].

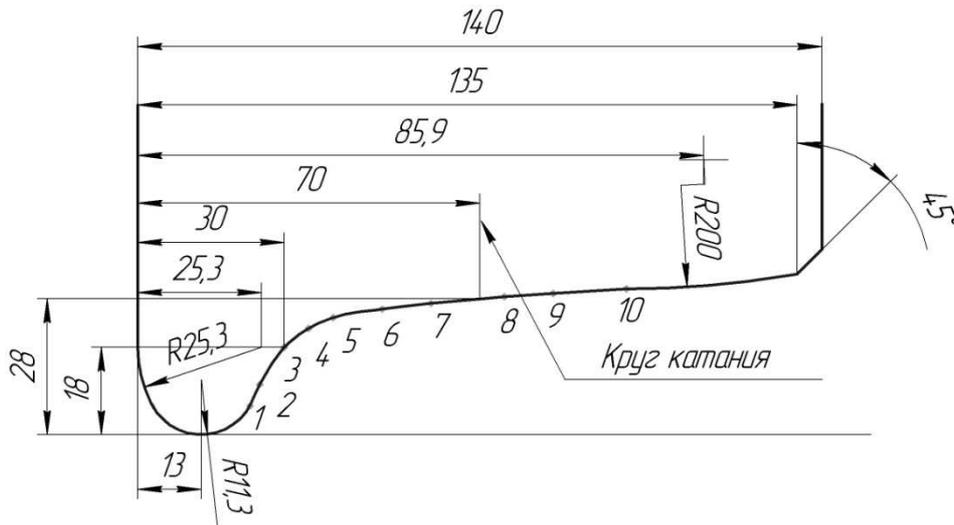


Fig. 3. Profile DmetI LR
Рис. 3. Профиль ДМетИ ЛР

Площадь поперечного сечения для фасонной фрезы с 130 резцами составляет $f_{130} = 0,88 \text{ мм}^2$ (рис. 4а) и сила резания составляет $P_{z130} = 2030 \text{ Н}$, а для фасонной фрезы с 182 резцами площадь поперечного сечения составляет $f_{130} = 0,62 \text{ мм}^2$ (рис. 4б) и сила резания составляет $P_{z182} = 1430 \text{ Н}$.

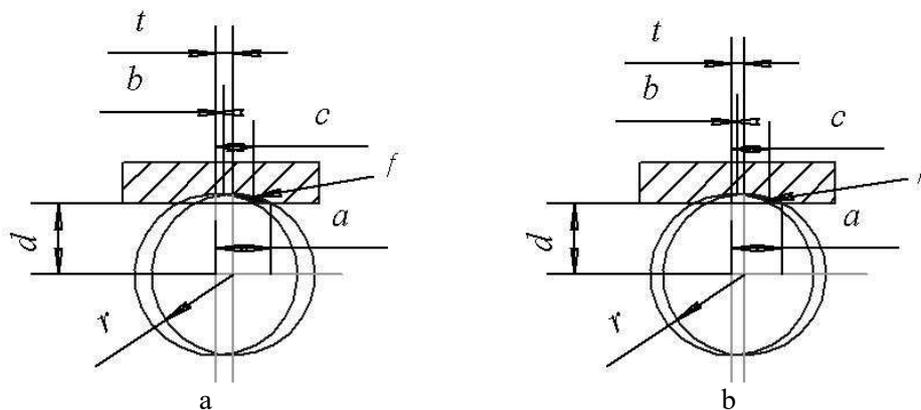


Fig.4. To determine the cross-sectional area
a) for a cutter with 10 knives and 130 incisors, b) for a cutter with 14 knives and 182 cutters
Рис. 4. К определению площади поперечного сечения
а) для фрезы с 10 ножами и 130 резцов, б) для фрезы с 14 ножами и 182 резцов

Проанализировав аналитические и графические результаты, можно сказать, что для повышения качества профиля рабочей поверхности колесных пар и продления срока службы инструмента обосновано увеличение числа цилиндрических резцов [12].

4. ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЦОВ

Используя полученные результаты вычислений, проверим напряженно-деформированное состояние цилиндрических резцов (рис. 5). Проверим визуально напряженно-деформированное состояние предлагаемых конструкций цилиндрических резцов с помощью COSMOSXpress, интегрированный в CAD-систему SolidWorks [13].

С увеличением ножей и режущих элементов, устанавливаемых в корпус фасонной фрезы, силы, действующие на один цилиндрический резец, площади поперечного сечения и величины напряженно-деформированного состояния, будут снижаться.

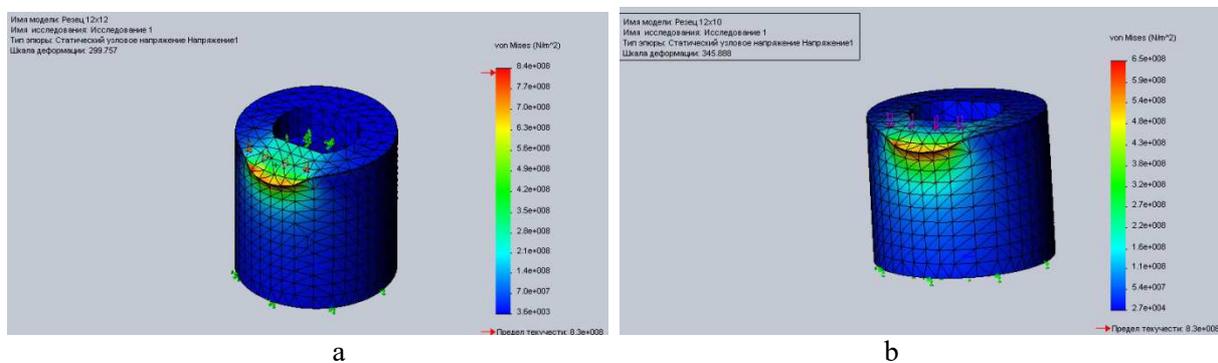


Fig. 5. To the determination of the stress-strain state of cylindrical incisors

a) for a cutter with 10 knives and 130 incisors, b) for a cutter with 14 knives and 182 cutters

Рис. 5. К определению напряженно-деформированного состояния цилиндрических резцов

а) для фрезы с 10 ножами и 130 резцов, б) для фрезы с 14 ножами и 182 резцов

5. НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЦОВ

В современном машиностроении важную роль играет качественная технологическая подготовка, одно из главных мест в ней занимает система автоматизированного проектирования и конструирования изделий (САПР), использование которых позволяет существенно сократить время, повысить качество и конкурентоспособность продукции. САПР позволяет визуально контролировать результаты конструирования путем построения трехмерной модели на каждом этапе [13, 14, 15].

Для снижения расхода дорогостоящего твердого сплава предлагается применять цилиндрические резцы с напайками твердого сплава. Напайные конструкции цилиндрических резцов с двусторонним расположением твердосплавных напаяек, а между ними стальная вставка (рис. 6.а), и с односторонним (рис. 6.б) расположением напайки. Стальные вставки будут работать как демпфер и снижать вероятность получения преждевременных дефектов в виде сколов.

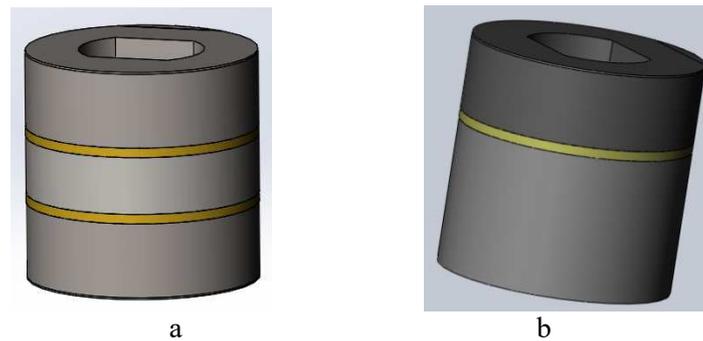


Fig. 6. Suggested designs of cylindrical cutters a) bilateral, b) unilateral
Рис. 6. Предлагаемые конструкции цилиндрических резцов а) двусторонний, б) односторонний.

Результаты полученные по формуле 1.1, являются максимально возможными, на практике для продления срока службы и снижения нагрузок на оборудование максимальные значения снижают.

На рис. 7 показаны эпюры напряженно-деформированного состояния предлагаемых напайных конструкций цилиндрических резцов. Величина напряженно-деформированного состояния идентичная, что показано на рисунке 5а. Из приведенных результатов расчетов следует, что общий уровень напряжений в цилиндрическом резце при действии рассмотренных нагрузок ниже предела текучести материала.

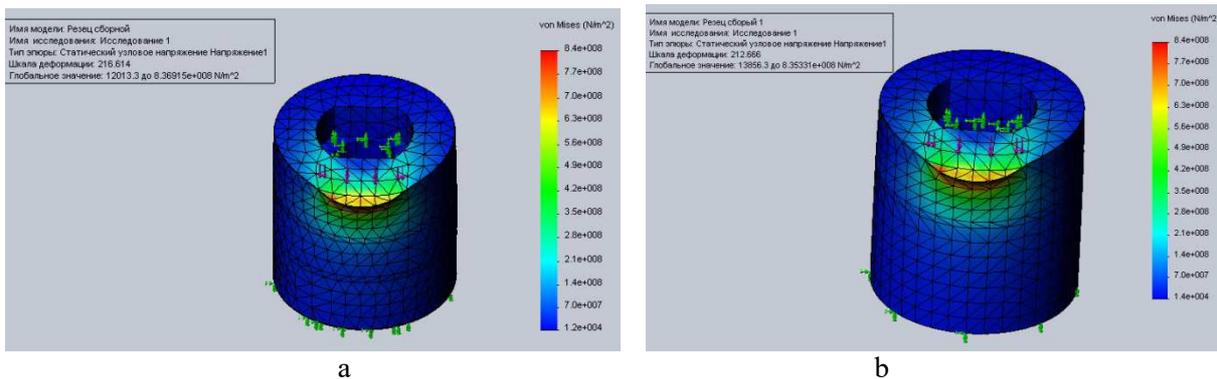


Fig. 7. To the determination of the stress-strain state of cylindrical cutters
a) bilateral, b) unilateral

Рис. 7. К определению напряженно-деформированного состояния цилиндрических резцов
а) двусторонний, б) односторонний

6. ВЫВОДЫ

1. В данной работе выполнен сравнительный анализ расчета сил резания и определения напряженно-деформированного состояния промышленных цилиндрических резцов и предлагаемых конструкций.
2. Для снижения нагрузок на один цилиндрический резец необходимо увеличивать число ножей и число цилиндрических резцов, что позволит повысить качество рабочей поверхности профиля колесных пар машин рельсового транспорта.
3. Для продления срока службы существующих фасонных фрез и уменьшения расхода твердого сплава, применять напайные конструкции цилиндрических резцов.
4. Для обработки колес повышенной твердости и уменьшения технологических операций намечилась тенденция к изменению геометрических параметров цилиндрических резцов.

Литература

1. Колесофрезерный специальный станок. Available at: <http://www.kzts.com/products.html#product4> [In Russian: *Wheel-milling special machine*]
2. Хандожко, А.В. & Тимощенко, А.А. & Петрусенко, Л.А. Анализ факторов, вызывающих хрупкое разрушение твердосплавного режущего инструмента. In: *Надежность инструмента и оптимизация технологических систем*. Сборник научных трудов. Краматорск. No. 38. 2016. P. 175-184. [In Russian: Handogko, A.V. & Tymoschenko, A.A & Petrusenko, L.A. Analysis of factors causing brittle fracture of carbide cutting tools. *Tool reliability and optimization of technological systems*. Collection of scientific papers. Donbass State Power Engineering Academy]
3. Иванов, И.А. & Потахов, Д.А. & Урушев, С.В. Варианты оценки режимов процесса восстановления цельнокатаных колес. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2013. No. 9(198). Vol. 1. P. 1-6. [In Russian: Ivanov, I.A. & Potahov, D.A. & Urushev, S.V. Variants of an estimation of modes of process of restoration of all-rolled wheels. *Bulletin of the Volodymyr Dahl East-Ukrainian National University*]
4. Железнодорожные колеса и бандажу KLV. Available at: <http://www.interpipe.biz/upload/catalog/2014021111202077629c7bd0368350bc29e8adc056cd86.pdf> [In Russian: *Railway wheels and tires KLV*]
5. Пластины для обработки колесных пар и рельсов. RNUX 1212 M0 TN. Available at: <http://www.kzts.ru/catalog/256> [In Russian: *Plates for machining wheel pairs and rails. RNUX 1212 M0 TN*]
6. Фальковский, В.А. & Клячко, Л.И. *Твердые сплавы*. Москва: Руда и металлы. 2005. 416 p. [In Russian: Falkovski, V.A. & Klyachko, L.I. *Hard alloys*. Moscow: Ore and metals]
7. Мазур, Н.П. & Внуков, Ю.Н. & Грабченко, А.И. & др. *Основы теории резания материалов*. Харьков: НТУ ХПИ. 2013. 534 p. [In Russian: Mazur, N.P. & Vnukov, Yu.N. & Grabchenko, A.I. & et al. *The fundamentals of the theory of material cutting*. Kharkov: NTU KhPI]
8. Исаев, П.П. & Богданов, А.А. *Обработка металлов резанием*. Москва: Оборонгиз. 1959. 569 p. [In Russian: Isaev, P.P. & Bogdanov, A.A. *Processing of metals by cutting*. Moscow: Oborongiz]
9. Сладковский, А.В. *Теоретическое обоснование и разработка рациональных конструкций пары колесо - рельс для рельсовых горно-транспортных машин и агрегатов*. Днепропетровск: Государственная металлургическая академия Украины. Дис. докт. техн. наук. 1997. 362 p. [In Russian: Sladkowski, A. *Theoretical justification and development of rational designs of a wheel-rail pair for rail mining vehicles and aggregates*].
10. Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм. ВНД 32.0.07.001-2001: затв. наказ. Укрзалізниця No. 863-ЦЗ від 16.11.04. Мінтранс України. Укрзалізниця. Гол. локомотив. госп. – Київ. 2004. [In Ukrainian: *Instruction on the formation, repair and maintenance of wheeled pairs of traction rolling stock of railways of Ukraine 1520 mm. VHD 32.0.07.001-2001: shut. order. Ukrzaliznytsya No. 863-CZ dated 16.11.04 / Ministry of Transport of Ukraine. Ukrzaliznytsya Goal. locomotive. Household. Kiev*]
11. Инструкция по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию колесных пар локомотивов и моторвагонного подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» No2631р от 22 декабря 2016г. [In Russian: *Instructions for inspecting, inspecting, repairing and forming wheel sets of locomotives and a motorized rolling stock of railways of 1520 mm gauge approved by the Order of ОАО Russian Railways No. 2631r of december 22, 2016*]
12. Инструкция по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию колесных пар локомотивов и моторвагонного подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм ЦТ-329/271-05. Утверждена приказом Президента АО «Локомотив» No 208-ЦТ от 17 мая 2005 года. [In Russian: *Instructions for inspecting, inspecting, repairing and forming wheel sets of locomotives and rolling stock of railways of gauge 1520 mm CT-329 / 271-05. Approved by the*

- order of Presentation of AO "Lokomotiv" No. 208-CT of may 17, 2005]*
13. UA 119973. *Збірна фасонна фреза для ремонтного відновлення профілю поверхні кочення колеса рухомого складу машин рейкового транспорту*. Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ. (Сладковскі, А. & Хмilenко, В.С. & Рубан, В.М.) а 2015 07376 22.07.2015. Publ. 25.10.2017. 5 p. [In Ukrainian: Sladkowski, A. & Hmilenko, V. & Ruban, V. *Complex shaped milling cutter for repairing of the rolling surface profile of rolling stock wheels of railway vehicles*].
 14. Алямовский, А.А. & Собачкин, А.А. & Одинцов, Е.В. & Харитонович, А.И. & Пономарев Н.Б. *SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике*. Издательство: БХВ-Петербург. 2008. 1040 p. [In Russian: Alyamovsky, A.A. & Sobachkin, A.A. & Odintsov, E.V. & Haritonovich, A.I. & Ponomarev N.B. *SolidWorks 2007/2008. Computer modeling in engineering practice*. Publisher: BKhV-Peterburg]
 15. Бубнов, В. П. & Султонов Ш. Х. Применение систем автоматизированного проектирования в машиностроении. In: *Интеллектуальные технологии на транспорте*. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. Санкт-Петербург. No. 1. 2017. P. 48-51. [In Russian: Bubnov, V. P. & Sulonov S. Kh. Application of computer-aided design systems in machine building. *Intelligent technologies in transport*. St. Petersburg State University of Communications of the Emperor Alexander I. St. Petersburg]
 16. Сладковский, А.В. & Ситаж, М. & Мартыненко, Ю.Р. *Решение задач механики железнодорожного транспорта с помощью МКЭ*. Днепропетровск: Новая технология. 2002. 220 p. [In Russian: Sladkowski, A. & Sitarz, M. & Martynenko, Yu.R. *Solution of problems of railway transport mechanics with the use of FEM*. Dnipropetrovsk: New technology]