

## Машиностроение Mechanical engineering

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 621.9.042

doi: 10.30987/2782-5957-2024-9-4-11

### ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРОФИЛЯ ВАГОННОГО КОЛЕСА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПЛАСТИНОЙ

Степан Викторович Михайленко✉

Омский государственный технический университет, Омск, Россия  
stepan\_01.01@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6806-9915>

#### Аннотация

В статье рассмотрено влияние смещения токарных резцов после реновации режущей кромки относительно оси вращения детали при обработке железнодорожных колес на объём снимаемого слоя материала во время резания. Целью исследования является определение коррекции на скорость подачи инструмента и величины снимаемого слоя материала после изменения геометрических характеристик инструмента. Исследование проводилось с применением геометрического и компьютерного моделирования по расчетам условно принятой длины пути инструмента, площади контакта инструмента с деталью и угловое перемещение детали относительно инструмента.

По результатам исследования проведен анализ полученных данных и сделан вывод, что при изменении заднего угла инструмента на один градус необходимо сместить пластину на 8,55 мм относительно оси вращения детали для сохранения геометрических показателей пластины.

При изменении положения пластины относительно оси вращения детали коррекция на скорость подачи не значительна, величина снимаемого слоя не достигает 1 мкм.

**Ключевые слова:** затачивание, инструмент, моделирование, железнодорожные колеса, восстановление, ресурс.

#### Ссылка для цитирования:

Михайленко С.В. Геометрическое и компьютерное моделирование процесса формообразования профиля вагонного колеса металлообрабатывающей пластиной / С.В. Михайленко // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 9. – С. 4-11. doi: 10.30987/2782-5957-2024-9-4-11.

Original article

Open Access Article

### GEOMETRIC AND COMPUTER MODELING OF FORMING A CAR WHEEL CONTOUR WITH METALWORKING PLATE

Stepan Viktorovich Mikhailenko✉

Omsk State Technical University, Omsk, Russia  
stepan\_01.01@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6806-9915>

#### Abstract

The paper considers the effect of displacing turning cutters after the renovation of the cutting edge relative to the axis of part rotation during machining railway wheels on the volume of the removed layer of material during cutting. The study objective is to determine the correction for the feed rate of the tool and the size of the removed layer of material after changing

the geometric characteristics of the tool. The study was carried out using geometric and computer modeling based on calculations of the conventionally accepted length of the tool path, the contact area of the tool with the part and the angular displacement of the part relative to the tool.

According to the results of the study, the data obtained are analyzed and it is concluded that when changing the rear angle of the tool by one degree, it is necessary to shift the plate by 8.55 mm relative to the axis of plate rotation in order to preserve the geometric parameters of the plate.

*Reference for citing:*

*Mikhailenko SV. Geometric and computer modeling of forming a car wheel contour with metalworking plate. Transport Engineering. 2024;9:4-11. doi: 10.30987/2782-5957-2024-9-4-11.*

## Введение

Одним из важных аспектов предприятия машиностроительной отрасли является инструментальное обеспечение. На большинстве предприятий не имеется подразделений, которые самостоятельно смогли бы разрабатывать и изготавливать режущий инструмент. Такие предприятия становятся зависимы от производителя и поставщика инструмента, при небольшом сбое поставок необходимого инструмента производство продукции останавливается, и предприятие несет экономические потери. Поэтому важной задачей является наличие оборудования, которое смогло бы восстановить ресурс изношенного инструмента или создать новый.

Восстановление ресурса достаточно трудоемкий процесс, который требует вы-

## Материалы, модели, эксперименты и методы

Реновация ресурса режущего инструмента и коррекция его положения относительно детали проводилась на чашечном резце (рис. 1) для обработки железнодорожных колес.

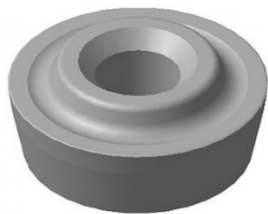


Рис. 1. Чашечный резец  
*Fig. 1. Cup tool*

Механическая обработка железнодорожных колес требует высокой точности оборудования и инструмента, так как в процессе резания возникают колебания припуска из-за профиля колеса. Следовательно, изменяются и силы, действующие

When changing the position of the plate relative to the axis of the part rotation, the correction for the feed rate is not significant, the size of the removed layer does not reach 1  $\mu\text{m}$ .

**Keywords:** sharpening, tool, modeling, railway wheels, restoration, resource.

сокой точности изготовления режущего инструмента. При этом необходимо определять степень износа инструмента и в дальнейшем вносить коррекцию на восстановленный инструмент. В тоже время нужно учитывать, что инструмент имеет две степени износа: критический и нормальный. Критический износ обусловлен сильными сколами и разрушением режущей кромки, при которых невозможно восстановить ее геометрические параметры. Нормальный износ характеризуется образованием трещин, лунок и ямок на режущей кромке, размер которых незначителен, но при этом инструмент не обеспечивает требуемых характеристик качества обрабатываемой поверхности.

на резец. Динамическое изменение силы приводит к снижению точности оборудования, уменьшению производительности, снижению качества обработанной поверхности и снижению ресурса инструмента. Все это может привести к браку детали.

Технология затачивание пластин производится по передней поверхности, задней поверхности и режущей кромке, что обеспечивает наилучшие режущие свойства, и ресурс инструмента стремится в первоначальные показатели. При затачивании изменяется геометрия пластины, а точнее углы наклона передней и задней поверхности. Изменение геометрии сохраняет базисные поверхности, но уменьшает сечения режущего клина, уменьшение клина отрицательно сказывается на прочности резца.

При уменьшении угла наклона задней поверхности возрастает площадь кон-

такта резца с деталью, следовательно, возрастает сила трения и уменьшается шероховатость обработанной поверхности. При увеличении угла уменьшается стойкость инструмента, следовательно, снижается ресурс инструмента.

Реновация инструмента проводилась с изменением заднего угла, для сохранения

базирующей поверхностей, однако, чтобы сохранить геометрические значения заднего угла необходимо изменить положение инструмента относительно оси вращения детали, тогда значение заднего угла в процессе резания будет приближено к первоначальным значениям.

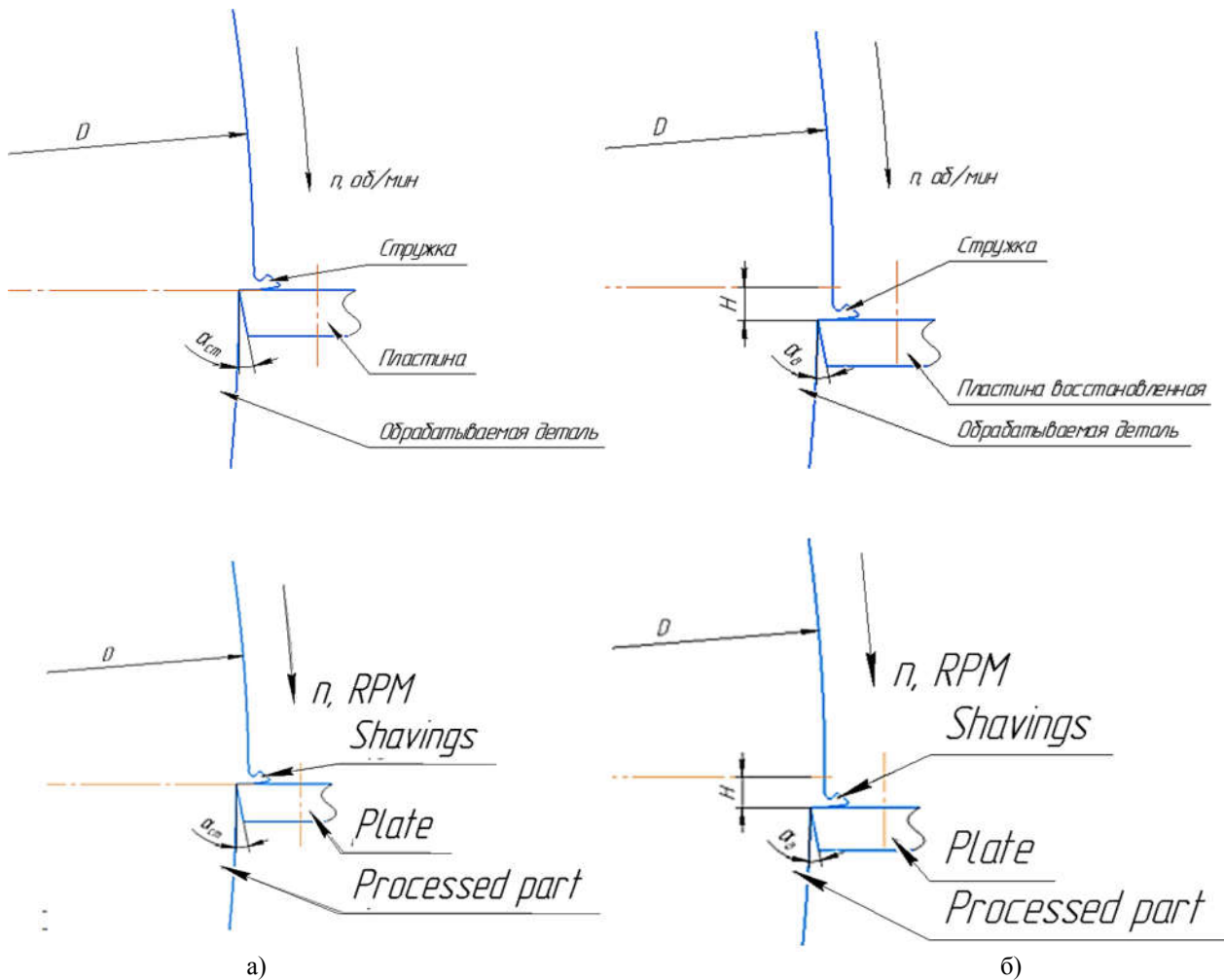


Рис. 2. Схемы обработки детали пластиной:  
 а - с первоначальным ресурсом; б - с восстановленным ресурсом  
 Fig. 2. Schemes for processing a part with a plate:  
 a) with the initial resource; б) with a restored resource

Чтобы обеспечить первоначальный угол наклона задней поверхности необходимо сместить пластину относительно оси вращения детали ниже на расстояние  $H$  (рис. 3) которая рассчитывается по (1), где  $\varphi$  угол между касательной к окружности, проходящей через вершину пластины, и задней поверхностью пластины:

$$H = \frac{D_d \cdot \cos(90 - \varphi)}{2} \quad (1)$$

Сместив пластину относительно оси вращения детали, будет возникать погрешность поперечной подачи во время резания, из-за подачи не строго перпендикулярно к диаметру детали. Погрешность составляет 0,4 мкм при снятии припуска 5 мм. Величина погрешности компенсируется допуском на готовое изделие, так как железнодорожные колеса имеют несколько ремонтных размеров, то погрешность менее 1 мкм является незначительной.

При затачивании пластины уменьшается сечение режущего клина, следовательно, необходимо уменьшить силу резания при точении детали. Силу резания можно снизить за счет изменения режимов резания, уменьшением объёма срезаемого материала за один оборот детали. Расчет объёмов

проводится в САД системе КОМПАС 3D, смоделировав процесс резания железнодорожного колеса (рис. 4). Объем величины срезаемого слоя высчитывается с дискретностью в 1° оборота детали при подаче 0,2 мм на оборот детали.

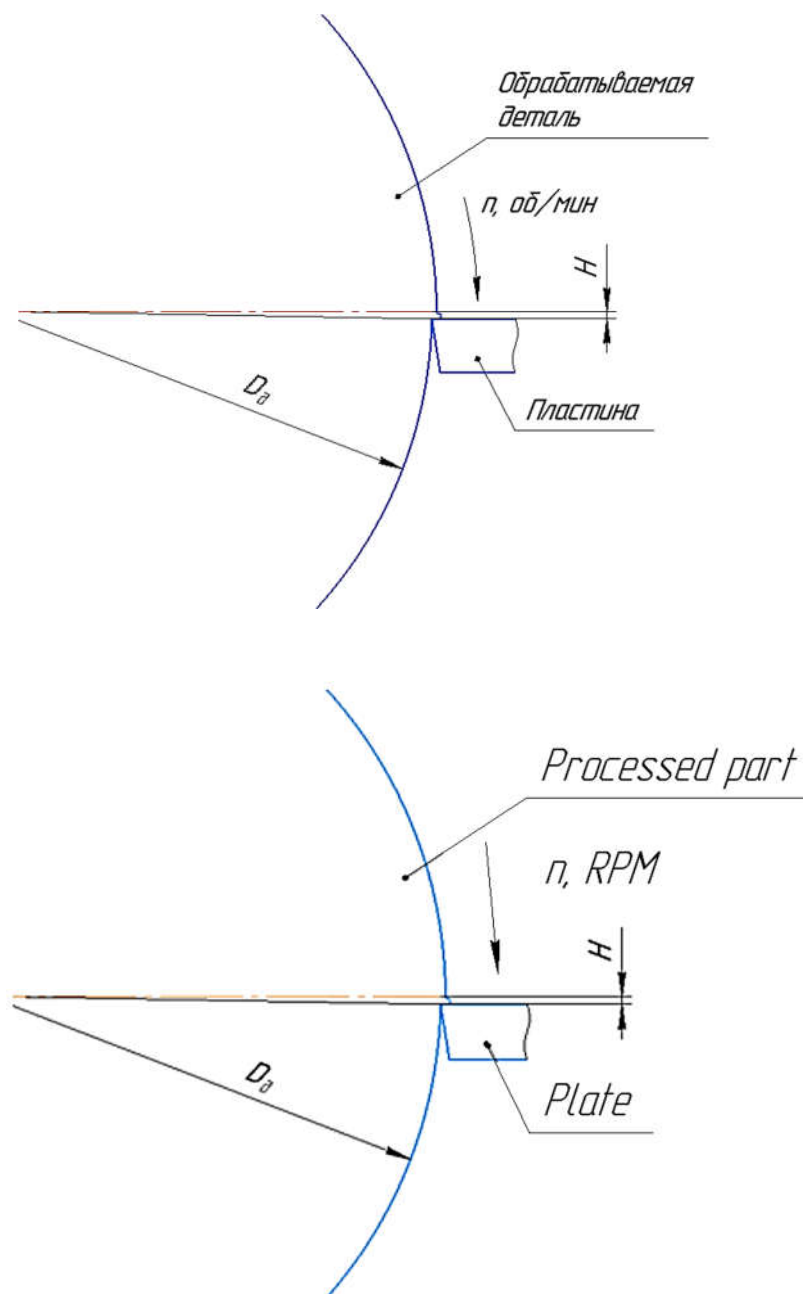


Рис. 3. Схема обработки детали  
Fig. 3. Part processing circuit

Так же рассчитывается изначальная нагрузка на резец при резании по (2) из источника [1]. Составляется отношение сечения резца к прилагаемой силе резания, исходя из этого подбираются оптимальные

силы резания, соответственно регулируются режимы подачи

$$P_z = 4,24t^{1.04}s^{0.9}v^{-0.1} \text{ (кН)}. \quad (2)$$

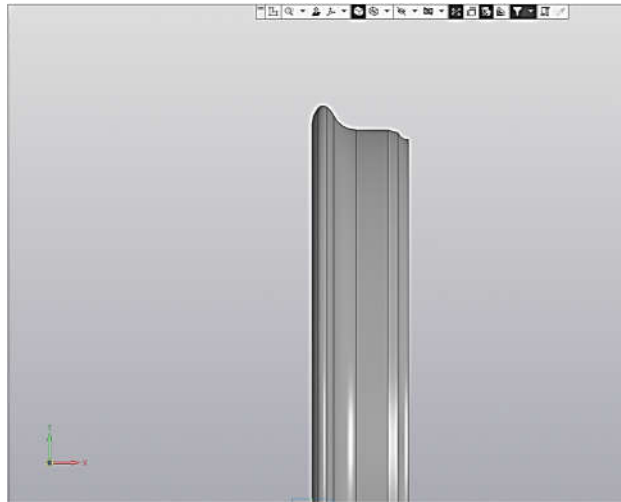
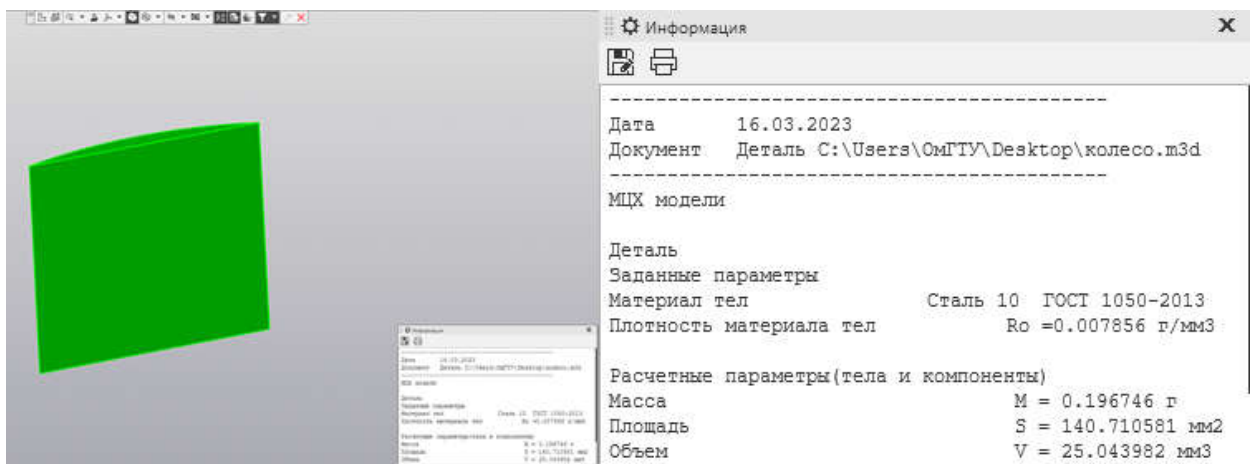


Рис. 4. Геометрическая модель железнодорожного колеса  
 Fig. 4. Railway wheel geometry model

Смоделировав два процесса резания с положением пластины в оси вращения (рис. 5) и смещенной ниже относительно оси вращения детали пластиной на расстояние  $H$  (рис. 6), получили различные объё-

мы снимаемого слоя. При смещении пластины снимаемый объём увеличился до 0,0003 % на один оборот детали, соответственно возросла и нагрузка на пластину.



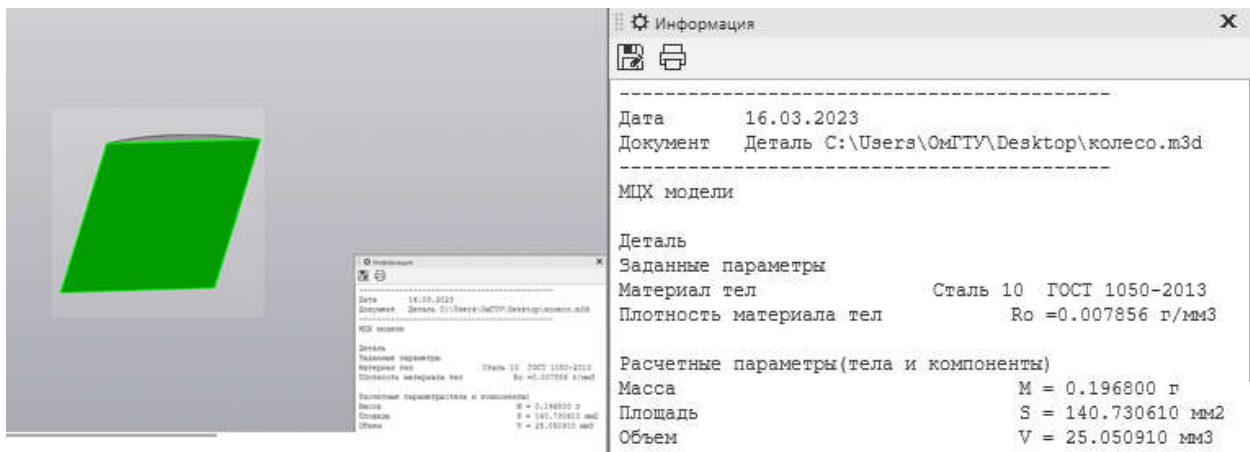
```

-----
Date      16.03.2023
Dokument  Деталь C:\Users\ОмГТУ\Desktop\колесо.м3d
-----
MCC models

Part
Set parameters
Body material      Steel 10  GOST 1050-2013
body density      Ro =0.007856  g/mm3

Calculated parameters(bodies and components)
Weight            M = 0.196746  g
Square           S = 140.710581 мм2
Volume           V = 25.043982 мм3
  
```

Рис. 5. Расчёт объёма снимаемого материала при пластине, установленной в оси вращения детали  
 Fig. 5. Calculation of the volume of material to be removed when the plate is mounted in the rotation axis of the part



```

-----
Date      16.03.2023
Dokument  Деталь C:\Users\ОМГТУ\Deaktop\колесо.m3d
-----
MCC modelts

Part
Set parameters
Body material      Steel 10  GOST 1050-2013
body density       Ro =0.007856  g/мм3

Calculated parameters(bodies and components)
Weight            M = 0.196800  g
Square           S = 140.730610 мм2
Volume           V = 25.050910 мм3
  
```

Рис. 6. Расчёт объёма снимаемого материала при пластине установленной ниже оси вращения детали  
 Fig. 6. Calculation of the volume of the material to be removed with the plate mounted below the axis of rotation of the part

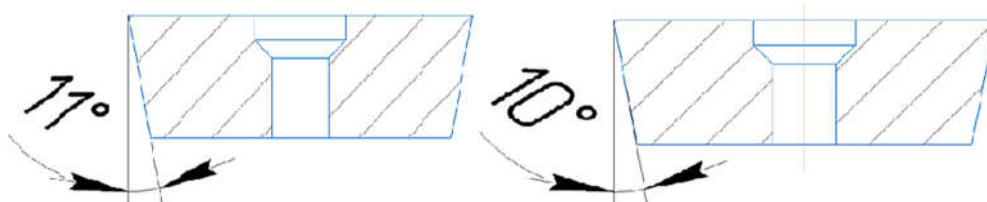


Рис. 7. а – изначальный профиль режущего клина пластины;  
 б – профиль пластины режущего клина после реновации  
 Fig. 7. а – initial profile of cutting wedge plate; б – profile of cutting wedge plate after renovation

После реновации пластины изменяется сечение режущего клина, соответственно изменяется несущая способность пластины. Чтобы зафиксировать изменение площади сечения режущего клина необходимо узнать разность площадей двух пластин.

Площадь сечения пластины уменьшилась на 0,003 %, соответственно уменьшилась и воспринимаемая нагрузка до момента критического разрушения.

Исходя из рассчитанных данных корректируется параметр подачи по (2). Параметр силы резания корректируется с сохранением припуска и скорости резания. Сила резания уменьшается из-за уменьшения площади сечения режущего клина и изменения положения пластины относительно оси вращения на отношение первоначальной силы резания к разнице изменения сечения и смещения пластины относительно оси детали.



Рис. 8. Разница объёмов сечения режущего клина пластины  
 Fig. 8. Difference in the cross-section volume of the cutting wedge plate

## Заключение

Из проведенных расчетов следует, что при обработки железнодорожных колес пластиной, смещенной на величину в 8,55 мм, при диаметре железнодорожного колеса 980 мм, относительно оси вращения детали увеличивается снимаемый припуск до 0,0003 %, что равняется менее чем

1мкм, так же увеличивается сила резания и снижается стойкость резца из-за уменьшения площади сечения на 0,003 %, следовательно, уменьшаем подачу резания на 0,003 %, чтобы сохранить соотношения силы резания и подачи.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Погребняк Р.П. Технологическая нагрузка и точность формообразования фасонной поверхности железнодорожного колеса фасонным резцом [Текст] / Р.П. Погребняк // СТИН. 2012. №1. С. 29-34.
2. Алтухова В. В. Проблемы обработки колес железнодорожных вагонов [Текст] / В. В. Алтухова, Б. Я. Мокрицкий, Г. В. Тарануха, А. М. Шпилёв // Металлообработка. 2012. №5-6(71-72). С.54-63.
3. Аверков К.В. Оптимизация технологического процесса ремонта колесных пар [Текст] / К.В.

Аверков, Т.Г. Бунькова, М.И. Бисерикан, С.В. Петроченко // Омский научный вестник. 2018. №1(157). С.19-22.

4. Буйносов А. П. Методы повышения ресурса колесных пар тягового подвижного состава: моногр. М.: УМЦ ЖДТ, 2010. 224 с.
5. Обрывалин А.В. Обрабатываемость резанием материала вагонных колес повышенной твердости при наличии эксплуатационных дефектов [Текст] / А.В. Обрывалин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. №2(22). С. 30-35.

## REFERENCES

1. Pogrebnyak RP. Technological load and accuracy of forming the shaped surface of a railway wheel with a form cutter. STIN; 2012.
2. Altukhova VV, Mokritsky BTA, Taranukha GV, Shpilev AM. Problems of processing wheels of railway cars. [Metalloobrabotka. 2012;5-6(71-72):54-63.
3. Averkov KV, Bunkova TG, Biserikan MI, Petrochenko CV. Optimization of the technological

process of wheelset repair. Omsk Scientific Bulletin. 2018;1(157):19-22.

4. Buynosov AP. Methods of increasing the resource of wheel sets of traction rolling stock: monograph. Moscow: UMTS ZHDT; 2010.
5. Obryvalin AV. Machinability by cutting the material of car wheels of increased hardness when having operational defects. Modern Technologies. System Analysis. Modeling. 2009;2(22):30-35.

**Информация об авторе:**

**Михайленко Степан Викторович** – ассистент, ORCID: 0000-0002-6806-9915, SPIN-код: 7414-6496, тел. +7 (913) 157-13-37.

**Mikhailenko Stepan Viktorovich** – Assistant, ORCID: 0000-0002-6806-9915, SPIN code: 7414-6496, phone: +7 (913) 157-13-37.

**Статья опубликована в режиме Open Access.**

**Article published in Open Access mode.**

**Статья поступила в редакцию 12.07.2024; одобрена после рецензирования 14.08.2024; принята к публикации 26.08.2024. Рецензент – Петрешин Д.И., доктор технических наук, директор учебно-научного технологического института Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».**

**The article was submitted to the editorial office on 12.07.2024; approved after review on 14.08.2024; accepted for publication on 26.08.2024. The reviewer is Petreshin D.I., Doctor of Technical Sciences at Bryansk State Technical University, Director of the Educational and Scientific Technological Institute of Bryansk State Technical University, member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.**