

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СБОРНЫХ ЧАШЕЧНЫХ РЕЗЦОВ
ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРОФИЛЯ КОЛЕСНЫХ ПАР****Полупан И. И.**

Проанализирована среда функционирования сборного чашечного инструмента для обработки колесных пар, предложена усовершенствованная конструкция данного инструмента, позволяющая повысить жесткость крепления пластины в радиальном направлении, а также прочность режущей пластины путем снижения напряжений на режущей кромке. Проведены исследования напряженно-деформированного состояния режущего инструмента. Разработана динамическая модель упругой системы сборного чашечного инструмента. Проведены теоретические и экспериментальные исследования указанной конструкции. Предложенный способ крепления пластины позволит повысить производительность обработки колесной пары путем снижения количества поломок режущей пластины.

Проаналізовано середовище функціонування збірної чашкового інструменту для обробки колісних пар, запропонована вдосконалена конструкція даного інструменту, що дозволяє підвищити жорсткість кріплення пластини в радіальному напрямку, а також міцність ріжучої пластини шляхом зниження напружень на ріжучій кромці. Проведені дослідження напружено-деформованого стану різального інструменту. Розроблена динамічна модель пружної системи збірної чашкового інструменту. Проведені теоретичні і експериментальні дослідження вказаної конструкції. Запропонований спосіб кріплення пластини дозволить підвищити продуктивність обробки колісної пари шляхом зниження кількості поломок різальної пластини.

The functioning environment of the collapsible cup-tip tool is analyzed for treatment rigidity of wheel pairs, the improved construction of this instrument has been offered, allowing to increase the in the plate in the radial direction and strength of the insert by reducing stresses on the cutting edge. Researches of the tensely-deformed state of tool has been conducted. The dynamic model of the elastic system of the collapsible cup-tip tool is developed. Theoretical and experimental researches in the indicated construction are conducted. The fixing method has been offered, it will allow the efficiency rise of threatment of wheelpairs in way of cutter decrease plate breakage.

Полупан И. И.

ассистент кафедры МСИ ДГМА
ivan_polupan@mail.ru

УДК 621.9.23

Полупан И. И.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СБОРНЫХ ЧАШЕЧНЫХ РЕЗЦОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРОФИЛЯ КОЛЕСНЫХ ПАР

Процесс восстановления профиля колесных пар на колесотокарных станках представляет собой сложную технологическую операцию, которая характеризуется относительно невысокой производительностью и целым рядом особенностей. На рис. 1 показано изменение силы и температуры резания при восстановлении профиля колесной пары сборным чашечным резцом. Для процесса обточки колес характерно колебание в широком диапазоне припуска, твердости обрабатываемой поверхности [1]. В зависимости от вида повреждения профиля колесной пары глубина резания может достигать 14–16 мм, а твердость обрабатываемой поверхности – до 900 НВ и более. Кроме того, колесо имеет сложный фасонный профиль, что приводит в процессе обработки к изменению угла контакта режущего инструмента с деталью от 0 до 105°, т. е. ширина среза может в определенный момент достигать 27,5 мм.

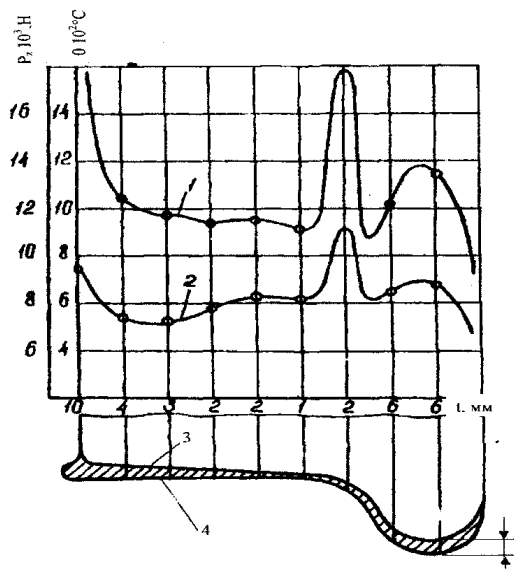


Рис. 1. Изменение силы и температуры резания при восстановлении профиля колесных пар чашечным резцом:

1 – сила резания P_z ; 2 – температура резания, θ , °С; 3 – профиль поверхности катания после обточки; 4 – профиль поверхности катания до восстановления; t – глубина резания; заштрихованная область – припуск на обработку

Перечисленные факторы, и их изменение в процессе обработки приводят при работе с заранее запрограммированным режимом к сложным колебаниям тепловой и силовой нагрузок на инструмент, что влечет за собой преждевременный выход инструмента из строя из-за выкрашиваний и поломок режущей пластины, а так же пластических деформаций или разрушения элементов механического крепления [2, 3].

Целью работы является усовершенствование конструкций сборных чашечных резцов, применяемых при восстановлении профиля колесной пары локомотива, за счет улучшения прочностных и динамических характеристик сборной конструкции.

Для обтачивания профиля поверхности обода колес на колесотокарных станках применяют резцы различной конструкции с использованием различных инструментальных материалов и форм пластин. Наибольшее применение для черновой и чистовой обработки

получили чашечные резцы с напайными или механически укрепляемыми пластинами различного диаметра из твердого сплава марки Т14К8 или Т5К10. На отдельных вагоноремонтных предприятиях используют для черновой обработки поверхности катания, фаски и гребня колесных пар на станках моделей UBВ 112, 1А936, 1ТСН, 1ТСН/А напайные резцы со стандартными пластинами типов 1636 и 1639 (ГОСТ 2209-69) из твердого сплава марок ВК8, Т5К10 и Т15К6. Также для черновой обработки применяют резцы с механическим креплением стандартных пластин [4].

Чашечные резцы различных диаметров выпускают с напайными пластинами и сборными с механическим креплением пластин преимущественно из твердого сплава марки Т14К8. Выпускают также чашечные резцы диаметрами 30,8 и 45,6 мм из быстрорежущей стали марки Р6М3 или Р18 с твердостью режущей части после термообработки HRC 62–65. Сборные чашечные резцы с механическим креплением выпускают с пластинами из стандартных (форма 12 по ГОСТ 2209-82) и нормализованных (ТУ 48-19-113-74) заготовок с укороченной и удлиненной оправкой.

В табл. 1 представлены рекомендуемые режимы резания при обработке колесных пар различными типами лезвийного инструмента [5].

Таблица 1

Режимы резания при обработке колесных пар

Группа обрабатываемой колесной пары				
Обозначение	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
Точение пластинами RPUX				
t , мм	1–3	2–4	3–5	3–5
s , мм/об	1,0–1,5	0,4–0,6	0,4–0,6	0,4–0,6
v , м/мин	28–55	12–28	6–12	4–9
n , об/мин	9–18	4–9	2–4	1,5–3
Точение пластинами BNUX, LNUX, LNMX				
t , мм	2–5	3–12	3–12	3–12
s , мм/об	1,2–1,8	0,8–1,2	0,6–1,2	0,6–1,0
v , м/мин	47–70	35–47	18–35	18–30
n , об/мин	15–22	11–15	6–11	6–9,5

С целью повышения эффективности обработки колесных пар были выполнены аналитические и экспериментальные исследования сборных инструментов, применяемых при обработке. В работе исследовалась конструкция сборного чашечного резца, используемая в Локомотивном депо г. Красный Лиман и показанная на рис. 2, а.

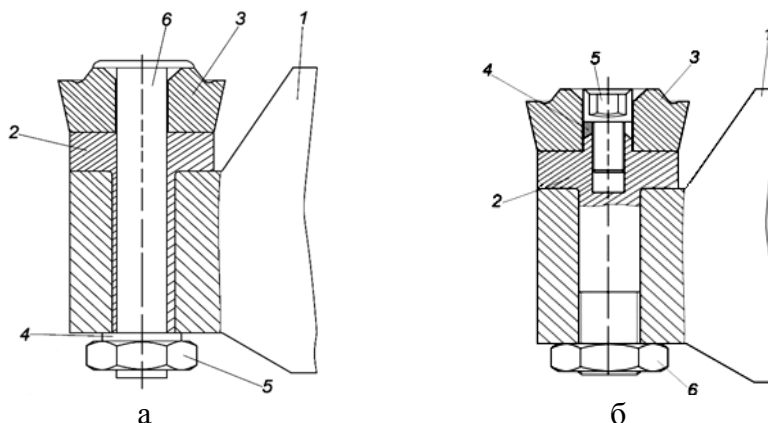


Рис. 2. Базовая (а) и усовершенствованная (б) конструкции сборного чашечного резца

Крепление режущей пластины 3 в исследуемой конструкции осуществляется прижатием сверху с помощью болта 6, а упорная часть режущей пластины 3 контактирует с упорной частью оправки 2. Прижатие болта 6 осуществляется с помощью шайбы 4 и гайки 5.

Недостатком указанной конструкции является отсутствие надежного базирования режущей пластины по цилиндрической поверхности отверстием в радиальном направлении.

С целью устранения указанного недостатка разработана усовершенствованная конструкция сборного чашечного резца [6], показанная на рис. 2, б, которая состоит из державки 1, оправки 2, режущей пластины 3, упругой разрезной втулки 4, болта 5, гайки 6. Торцовая поверхность цилиндрического выступа оправки выполнена конически и контактирует с конической частью упорной разрезной втулки, противоположная сторона которой контактирует с торцовой частью головки болта. Оправка прижимается к державке с помощью гайки 6.

Для исследования напряженно-деформированного состояния режущей кромки сборного чашечного инструмента был применен метод конечных элементов, расчеты с учетом сил контактного взаимодействия между элементами конструкции, зазоров и сил трения, производились в программной среде ANSYS. Для этого профиль обода колесной пары разбивался на участки в зависимости от величины припуска, направления сил резания на каждом участке, как это показано на рис. 1 и режимов резания. На рис. 3 показаны сравнительные результаты эквивалентных и нормальных напряжений для базовой и усовершенствованной конструкций сборного чашечного резца.

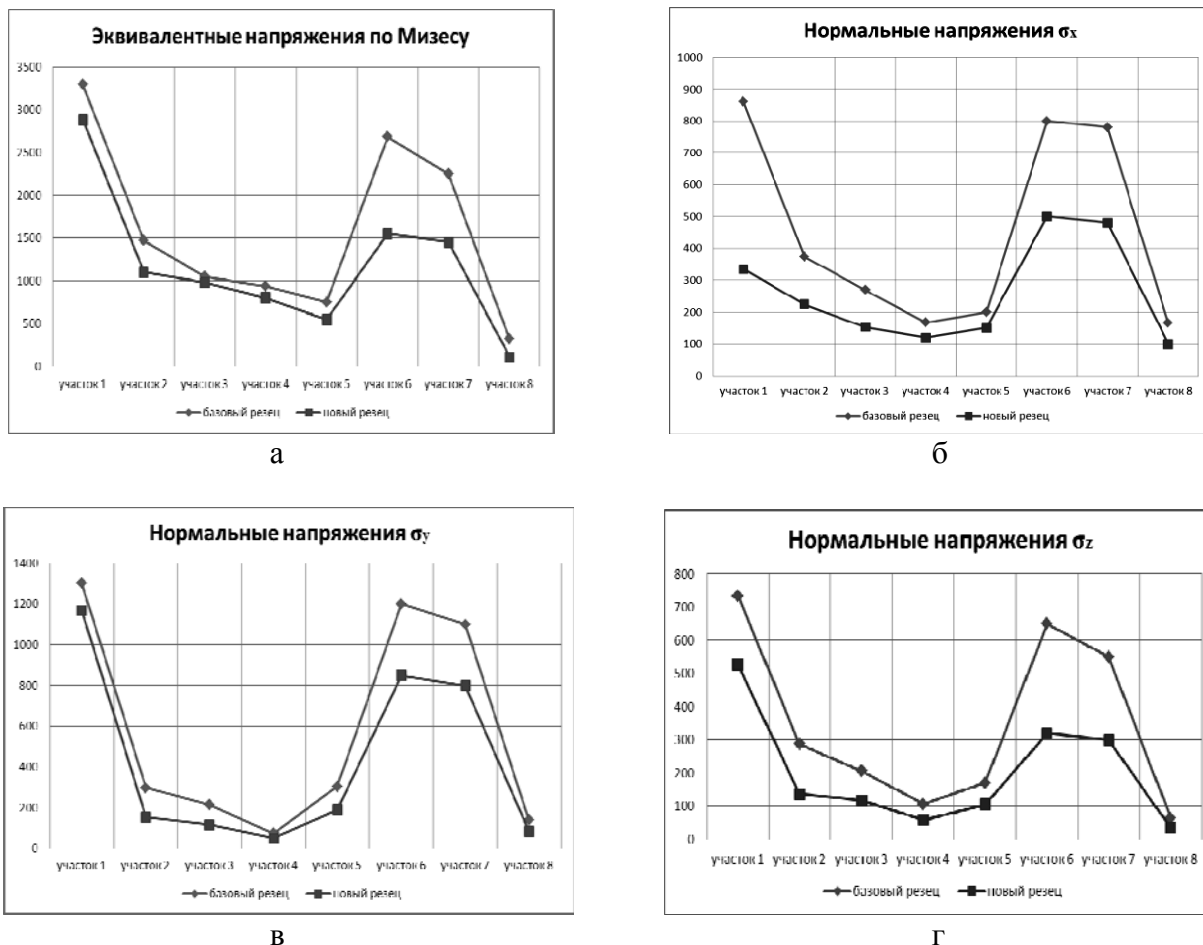


Рис. 3. Распределение эквивалентных (а) и нормальных σ_x (б), σ_y (в), σ_z (г) напряжений режущей пластины сборного чашечного инструмента базовой и усовершенствованной конструкций сборного чашечного резца

Как видно из рисунка наибольшие напряжения на режущей пластине возникают в начале обработки колесной пары, где глубина резания достигает 10 мм, а сила резания P_z – до 16 кН, а также при обработке галтели реборды, где происходит перемена направлений сил резания и снимается наибольший припуск. Распределение напряжений в усовершенствованной конструкции сборного чашечного резца показывает, что в зоне максимальных нагрузок имеет место снижение нормальных напряжений σ_x с 800 МПа до 500 МПа (в 1,6 раза), σ_y с 1200 МПа до 820 МПа (в 1,5 раза), σ_z с 650 МПа до 310 МПа (примерно в 2 раза), а эквивалентных – с 2700 МПа до 1500 МПа (в 1,8 раза).

Для построения расчетной схемы сборного чашечного инструмента, которая представлена на рис. 4, использовались подходы и методики, предложенные в работе [7].

Математической моделью рассматриваемой механической системы будет система дифференциальных уравнений второго порядка вида:

$$\begin{cases} m\ddot{\xi} + c_{\xi}\dot{\xi} + k_{\xi}\xi = -P_x(t)\cos(\varphi) + P_y(t)\sin(\varphi); \\ m\ddot{\psi} + c_{\psi}\dot{\psi} + k_{\psi}\psi = P_x(t)\sin(\varphi) + P_y(t)\cos(\varphi). \end{cases}$$

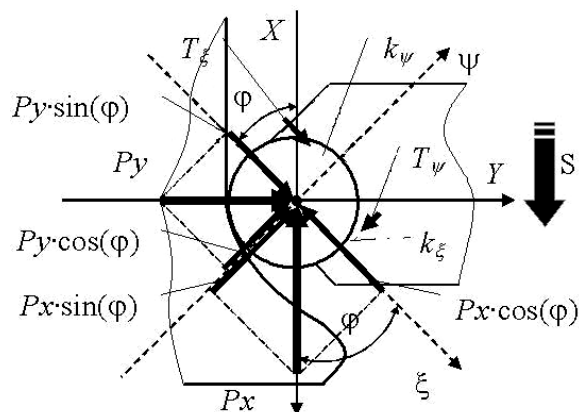


Рис. 4. Расчетная схема сборного резца

Амплитудно-частотно-фазовые характеристики (АФЧХ) $W_e^Y(i\omega)$ упругой системы сборного чашечного резца базовой и усовершенствованной конструкций, представленные на рис. 5, рассчитывались для нескольких участков профиля при восстановлении колесной пары с учетом различных составляющих сил резания на каждом участке, как это показано в табл. 2.

Таблица 2

Режимы резания при обработке колесной пары

№ участка	Описание	v , м/мин	s , мм/об	t , мм	P_x , Н	P_y , Н
1	Переход от галтели к реборде	12	3,8	3	5600	6500
2	Профиль обода	12	1,5	1,2	1100	1300
3	Обработка фаски	12	0,5	1	400	600

Таким образом, для усовершенствованной конструкции для максимальных режимов резания $Re^0(W_u^Y(i\omega)) = 1,8 \times 10^{-8}$, а для базовой $Re^0(W_u^Y(i\omega)) = 4 \times 10^{-8}$, что свидетельствует об увеличении запаса устойчивости ЭУС сборного чашечного инструмента.

Диапазон амплитуд колебаний упругой системы сборного резца в базовой конструкции находится в пределах от 3×10^{-7} до 4×10^{-7} , тогда как для усовершенствованной конструкции – $0,8 \times 10^{-7}$ до 1×10^{-7} (уменьшение в 5 раз), что свидетельствует о более стабильном режиме работы усовершенствованными конструкциями резцов.

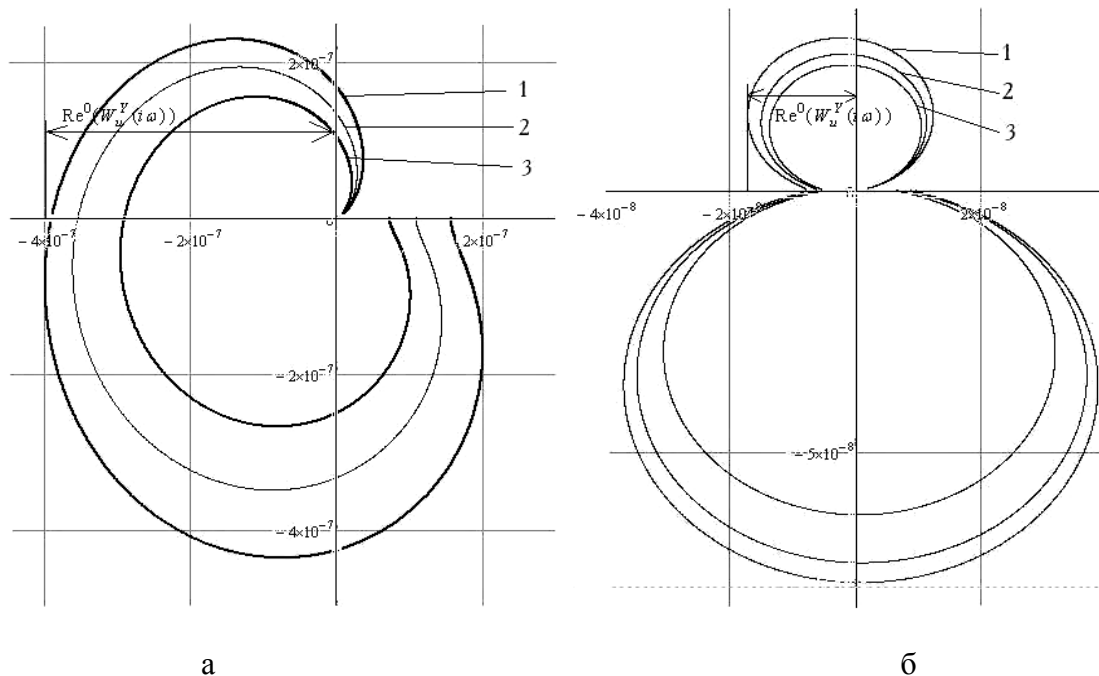


Рис. 5. Амплитудно-частотно-фазовые характеристики упругой системы сборного чашечного инструмента:
 а – базовая конструкция; б – усовершенствованная конструкция

Исследования динамических явлений при резании сборным чашечным резцом проводились с помощью виброизмерительного комплекса. Для фиксации вибраций использовались датчики виброускорения ДН-3, которые, как показано на рис. 6, закреплялись на пластине, а также на державке по направлениям сил резания P_x, P_y, P_z . Анализ полученных экспериментальных данных выполнялся с использованием дискретного преобразования Фурье при помощи программного комплекса PowerGraph.

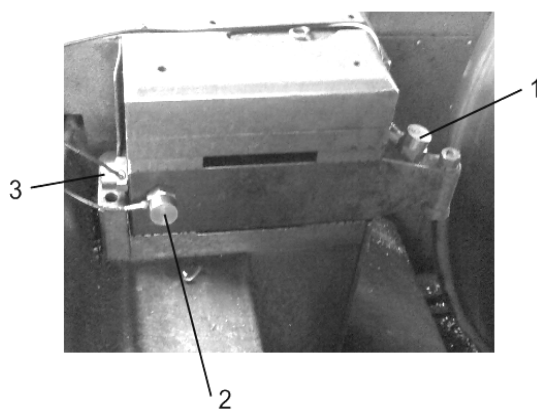


Рис. 6. Установка датчиков виброускорений ДН-3 по направлениям сил резания:
 1 – P_z ; 2 – P_x ; 3 – P_y

На рис. 7 представлены экспериментальные АЧХ базовой и усовершенствованных конструкций сборного чашечного инструмента.

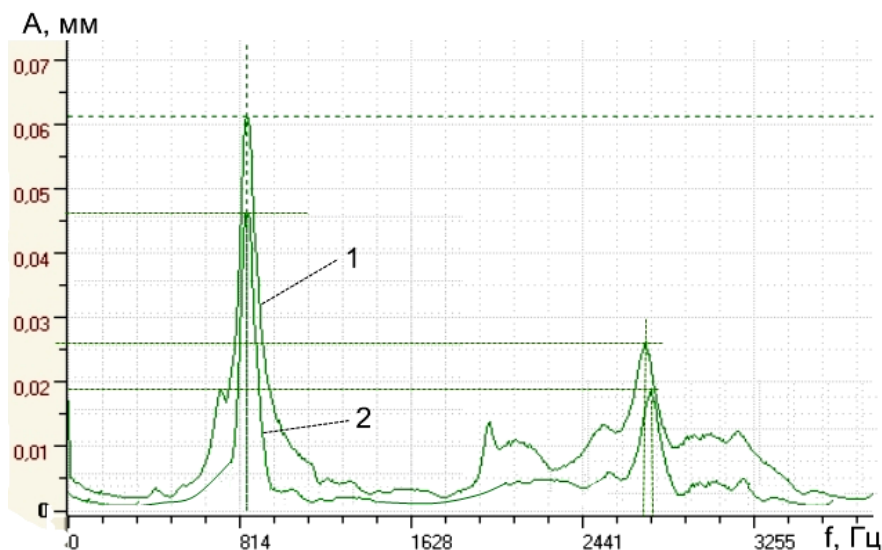


Рис. 7. Экспериментальная АЧХ упругой системы сборного чашечного инструмента: 1 – базовая конструкция; 2 – усовершенствованная конструкция

Таким образом, имеет место снижение амплитуды колебаний в 1,3 раза.

ВЫВОДЫ

Применение усовершенствованной конструкции сборного чашечного инструмента путем добавления упругой разрезной втулки позволило повысить жесткость крепления пластины в радиальном направлении, а также прочность режущей пластины путем снижения напряжений на режущей кромке в 2 раза.

Теоретические исследования базовой и усовершенствованной конструкций сборного чашечного инструмента показывают увеличение запаса устойчивости конструкции сборного инструмента в 2,2 раза.

Экспериментальные исследования базовой и усовершенствованной конструкций сборного чашечного инструмента показывают снижение амплитуды колебаний в 1,3 раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономическая оптимизация процесса восстановления профиля поверхностей катания колесных пар обточкой после отжига их при нагреве токами высокой частоты / М. М. Маишев, В. В. Диденко, А. П. Шифман, И. А. Иванов, А. Д. Алешин // Конструктивно-технологическое обеспечение надежности подвижного состава : сборник научных трудов. – Ленинград : ЛИИЖТ, 1985. – С. 48–53.
2. Сборный твердосплавный инструмент / Хагт Г. Л., Гах В. М., Гузенко В. С. и др. – М. : Машиностроение, 1989. – 256 с.
3. Остафьев В. А. Расчет динамической прочности режущего инструмента / В. А. Остафьев. – М. : Машиностроение, 1979. – 168 с.
4. Гузенко В. С. Исследование динамических явлений при резании сборным резцом для копировальной обработки / В. С. Гузенко, С. Л. Миранцов, И. И. Полупан // Надійність різального інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – Вып. 21. – С. 92–97.
5. Каталог инструмента ОАО «Сестрорецкий инструментальный завод» ООО «ЭФСИ». – С.–Пб., 2004 г. – 120 с.
6. Патент 32230, Україна, МКІ В23В 27/16. Різальний інструмент / Гузенко В. С., Полупан І. І. – Опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9.
7. Гузенко В. С. Повышение эксплуатационных характеристик чашечного резца для колесотокарного станка / В. С. Гузенко, С. Л. Миранцов, И. И. Полупан // Надійність різального інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – Вып. 22. – С. 41–45.

Статья поступила в редакцию 24.10.2011 г