

УДК 621.791.92

## ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ КАРБИДОВ ВОЛЬФРАМА НА СВОЙСТВА И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ МНОГОСЛОЙНЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ПОДСЛОЕМ НИКЕЛЯ

© 2016 А.А. Паркин, С.С. Жаткин, А.Б. Сёмин

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 20.09.2016

Работа посвящена исследованию структуры, механических свойств и износостойкости многослойного покрытия, сформированного ацетиленокислородной наплавкой из карбидосодержащих гибкого шнура, порошкового материала с подслоем и без подслоя никеля. Установлены зависимости изменения величины износа от структуры наплавленного материала и условий наплавки.

**Ключевые слова:** наплавка, порошковый материал, никель, микроанализ, образец, структура.

Долговечность изделий во многом определяется износостойкостью рабочих поверхностей различных элементов узлов, в частности, в буровых долотах ресурс их эксплуатации во многом определяется износостойкостью зубцов. Одним из эффективных методов ее повышения является наплавка твердыми и сверхтвёрдыми сплавами. В качестве наплавляемого материала используются порошковые и прутковые материалы.

В данной работе изложены результаты исследований и испытаний образцов, полученных ацетиленокислородной наплавкой карбидосодержащего прутка: состава 60% карбида вольфрама – 40% никеля с добавками хрома, кремния; порошка состава 80% карбида вольфрама – 20% никеля с подслоем и без подслоя никеля. Ацетиленокислородная наплавка осуществлялась на цилиндрические и прямоугольные образцы толщиной 15 мм из стали 19ХГНМА (19ХН3МА-В).

Целесообразность применения карбидосодержащих покрытий обусловлена их высокой твердостью, сопротивляемостью абразивному износу и теплопроводностью, обеспечивающей быстрый отвод тепла вглубь материала заготовки в процессе наплавки и детали в процессе эксплуатации.

Для исследования влияния различных факторов на свойства покрытий наплавка проводилась по различным схемам: 1 – без подслоя никеля наплавлялся компактный материал в виде гибкого прутка (шнура) из композиционного материала 60WC40Ni (образцы №№ 1, 2, 9, 10); 2 – без подслоя никеля наплавлялся тот же компактный материал, но с последующей наплавкой композиционного порошка 80WC20Ni (образцы №№ 7, 8); 3 – также как в схеме 1, но с подслоем из

Паркин Анатолий Алексеевич, кандидат технических наук, профессор кафедры «Литейные и высокоеффективные технологии». E-mail: [laser@samgtu.ru](mailto:laser@samgtu.ru)

Жаткин Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Литейные и высокоеффективные технологии». E-mail: [laser@samgtu.ru](mailto:laser@samgtu.ru), [sergejat@mail.ru](mailto:sergejat@mail.ru)

Сёмин Александр Борисович, инженер ОАО «Волгабурмаш».

порошкового никеля (образцы №№ 3, 4); 4 – аналогично схеме 2, но с подслоем из порошкового никеля (образцы №№ 5, 6).

В работе проведены исследования микроструктуры; измерения микротвердости; рентгеноспектральный микроанализ наплавленных материалов; проведены локальные испытания на абразивный износ. Исследование микроструктуры позволили установить форму и размеры карбидов для различных условий наплавки.

Из рис. 1 видно, что после наплавки гибкого прутка (шнура) без подслоя никеля формируется карбидосодержащий наплавленный слой с карбидами различной формы у дна зоны расплава с глубиной проплавления заготовки не больше 0,05мм.

Использование подслоя из никеля толщиной до 1 мм (рис. 2) увеличило глубину проплавления материала заготовки до 0,1-0,2 мм, исключило оседание карбидов вольфрама непосредственно до поверхности материала заготовки.

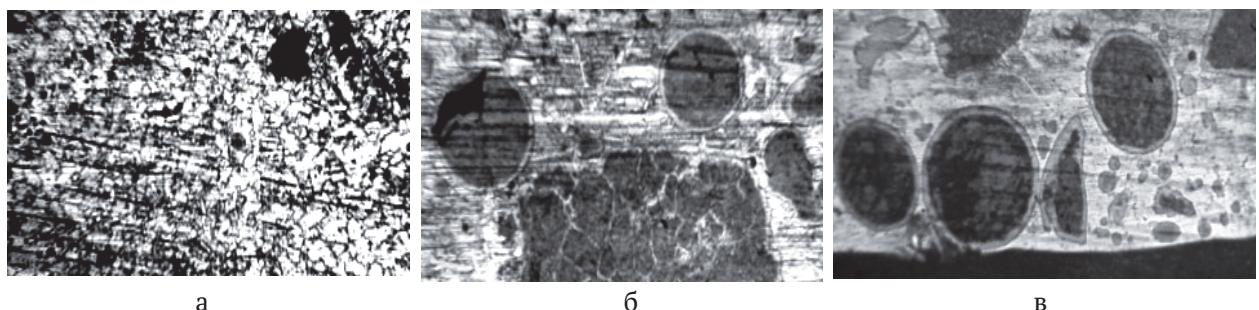
При наплавке трехслойного покрытия, рис. 3: подслой никеля + слой 60WC40Ni (гибкий пруток + слой наплавленного порошка 80WC20Ni) в поверхностном слое наплавленного материала формируется композиционное мелкозернистое покрытие с равномерным распределением карбидов вольфрама.

При трехслойной наплавке глубина проплавления материала заготовки уменьшается.

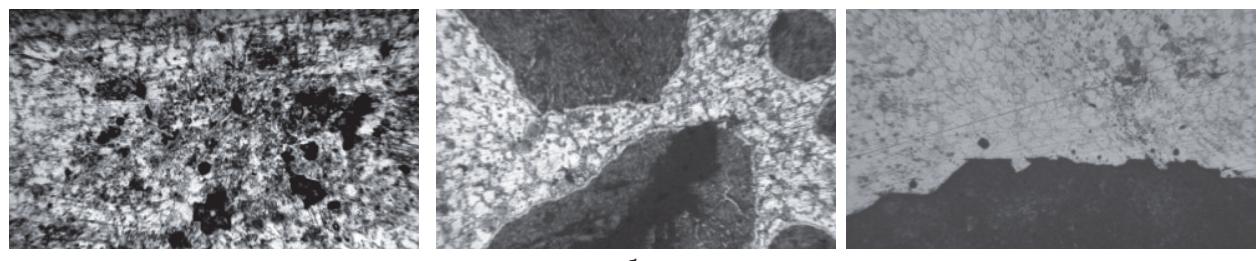
## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО МИКРОАНАЛИЗА

На рис. 4 – 5 показаны различные области образца №7 (наплавка без подслоя, шнуром (60WC40Ni+порошок 80WC20Ni), в которых проводился элементный микроанализ. В таблице 1 представлены результаты элементного микронализма в различных зонах наплавки.

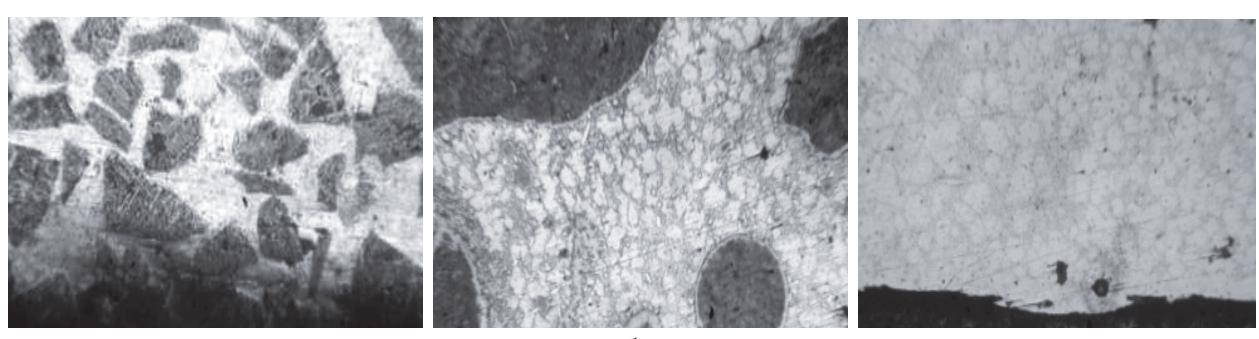
Результаты исследования микроанализа представлены в табл. 1.



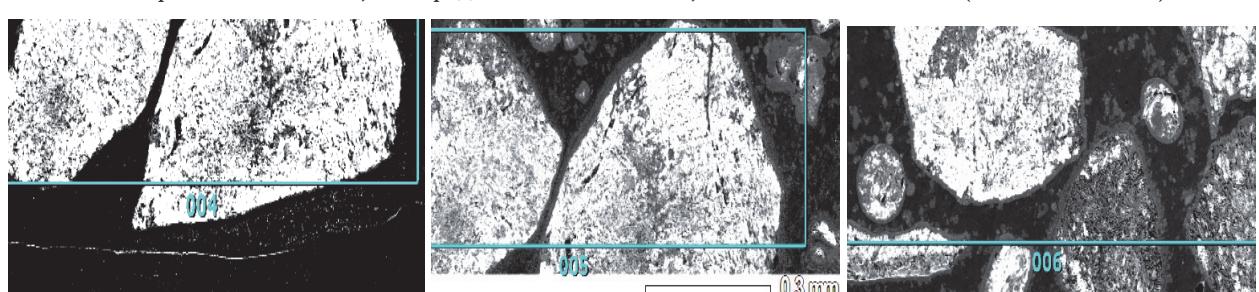
**Рис. 1.** Микроструктура образца №2 (без подслоя никеля – шнур 60WC40Ni):  
а – верх зоны наплавки; б – середина зоны наплавки; в – низ зоны наплавки (зона сплавления)



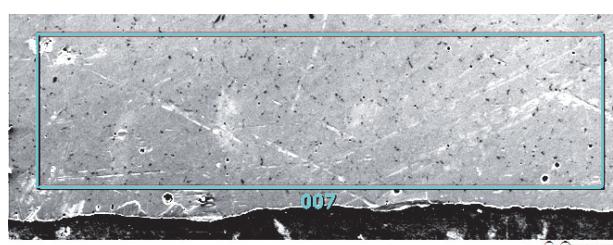
**Рис. 2.** Микроструктура образца №4 (подслой никеля+шнур 60WC40Ni):  
а – верх зоны наплавки; б – середина зоны наплавки; в – низ зоны наплавки (зона сплавления)



**Рис. 3.** Микроструктура образца №5 (подслой никеля +шнур 60WC40Ni + порошок 80WC20Ni):  
а – верх зоны наплавки; б – середина зоны наплавки; в – низ зоны наплавки (зона сплавления)



**Рис. 4.** Структура и элементный микролитерализ зон наплавки образца №7 без подслоя никеля:  
004 – зона дна наплавленной ванны из гибкого шнура; 005 – зона наплавленного шнура;  
006 – зона наплавленного порошка



**Рис 5.** Структура и зона элементного анализа подслоя никеля

Микролитерализ показал, что в наплавленный материал происходит восходящая диффузия железа из материала матрицы с уменьшением массового процентного содержания к поверхностному слою.

При наплавке с подслоем никеля (рис. 5) процентное содержание железа уменьшается практически до исходного значения, то есть подслой препятствует проникновению железа в наплавляемый карбидосодержащий материал.

**Таблица 1.** Элементный микроанализ материала заготовки, наплавленного шнуром и порошка

№ зоны	C	O	Si	Cr	Fe	Ni	W	Total
003 (заготовка)	1.82	0.44	0.03	2.42	92.83	1.62	0.85	100.00
004	3.41	1.03	8.41	0.93	6.15	7.42	72.64	100.00
005	2.43	0.59	8.08	1.66	5.64	11.27	70.33	100.00
006	2.50	0.97	7.33	2.87	5.15	24.42	56.49	100.00

**Таблица 2.** Элементный микроанализ материала подслоя наплавленного никеля

№ зоны	C	O	Si	Mn	Cr	Fe	Ni	W	Total
007	0.41	0.00	2.12	0.56	9.44	2.27	85.21	0.00	100.00

Из таблицы 2, видно, что в наплавленный подслой входят также хром и кремний. Микроанализ непосредственно карбидов показал, что они имеют практически исходный состав, то есть при температурах ацетиленокислородной наплавки, растворение связующего никеля и других элементов в них не происходит и, следовательно, на свойства карбидов не влияют. В то же время при плазменной наплавке в карбидах вольфрама наблюдается растворение железа и никеля. Результаты измерения микротвердости и ее разброса наплавленных материалов в зависимости от технологии наплавки представлены в табл. 3.

Наименьший разброс значений микротвердости наблюдается при наплавке с порошком карбида вольфрама. Наплавленный карбид вольфрама в виде шнуром имеет наибольший разброс значений микротвердости относительно среднего значения. Невысокие значения разброса микротвердости относительно ее средней величины установлены также в зоне наплавки шнуром при формировании сферической морфологии карбидов вольфрама.

Сравнительные результаты испытаний на износ при АКН и плазменной наплавке представлены в табл. 4.

**Таблица 3.** Результаты измерения микротвердости наплавленных материалов в зависимости от вида наплавки

№ обр.	Вид наплавляемого материала	Микротвердость, кг/мм <sup>2</sup>	Размер карбидов вольфрама в зоне наплавки, мкм
1	Без подслоя никеля, шнур 60WC40Ni	1500±1000	40-100; 110-500; 700-900
2	Без подслоя никеля, шнур 60WC40Ni	900±500	40-100; 150-450; 700-900
3	Подслой никеля+шнур 60WC40Ni	1000±500	50-150; 170-500; 700-900
4	Подслой никеля+шнур 60WC40Ni	800±400	60-100; 120-500
5	Подслой никеля+шнур 60WC40Ni+порошок 80WC20Ni	1200±450	До 350 максимальные
6	Подслой никеля, шнур 60WC40Ni+порошок 80WC20Ni	900±150	До 300 максимальные
7	Без подслоя никеля, шнур 60WC40Ni+порошок 80WC40Ni	1500±400	До 250
9	Без подслоя никеля, шнур 60WC40Ni	1600±500	До 700, сферические карбиды

Величина износа существенным образом зависит от формы направленных карбидов вольфрама. Округлая форма уменьшает величину износа, что может быть обусловлено проскальзыванием частиц абразива (порошок алмаза 2-3 мкм) по поверхности карбидных частиц наплавленных материалов. Сравнительный анализ показывает, что при АКН наплавке износ наплавленного материала, содержащего одинаковое процентное содержание карбидов вольфрама, ниже, чем при плазменной наплавке.

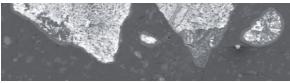
Диаграмма испытаний на износ образца №8 - наплавка без подслоя никеля шнуром (60WC 40Ni) + порошок (80WC 20Ni) показана на рис. 6.

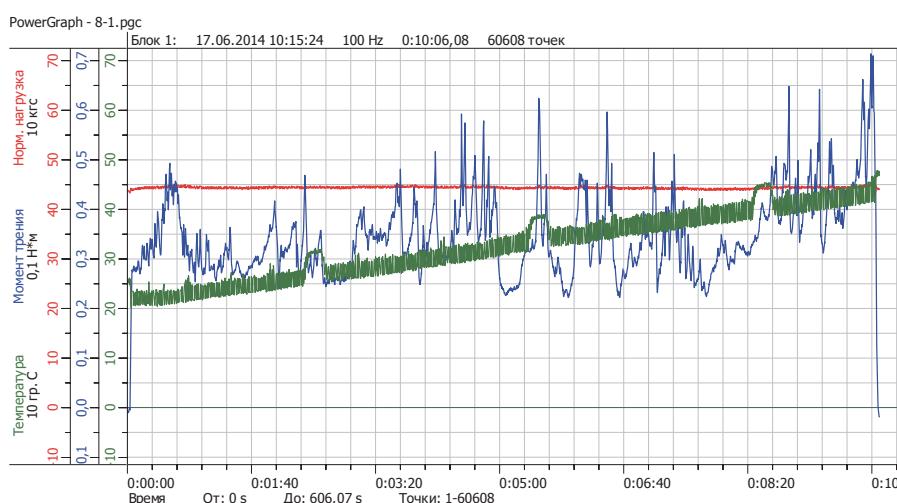
Диаграмма испытаний на износ образца №9 - наплавка без подслоя никеля шнуром (60WC 40Ni) представлена на рис. 7.

### АНАЛИЗ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ

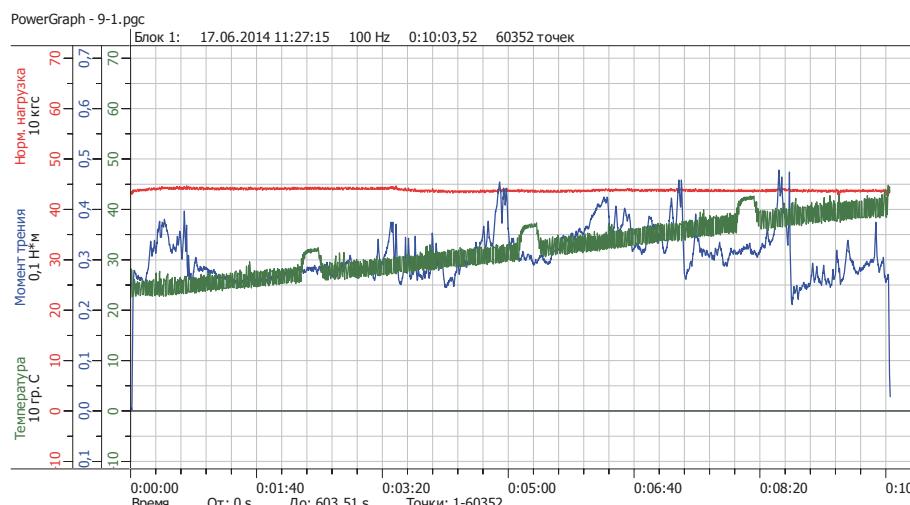
На образцах с наплавленным шнуром 60WC 40Ni без подслоя никеля (образцы №1; №2; №3; №9; №10), наблюдается тенденция к образованию крупных (до 4мм) дефектов в виде пор. Дефекты образуются в основном в области наплавки шнуром и в подслое никеля (рис. 8 - 10).

**Таблица 4.** Сравнительные результаты испытаний на износ наплавленных шнуром (60Wc40Ni) и порошка (80Wc20Ni) при АКН и CARPENTERMicro-MeltNT-60 при плазменной наплавке

№№ образца	8	9
Состав наплавленного материала	Без подслоя никеля WC60%+Ni40%(шнур) + WC80%+Ni20%(порошок)	Без подслоя никеля, WC60%+Ni40%(шнур)
Структурный Фактор	Карбиды вольфрама средних размеров (100-250 мкм) с равномерным распределением 	Глобулярные карбиды вольфрама, размерами до 400 – 1100 мкм 
Средняя величина износа, мкм, (за 600 секунд трения при размере алмазного порошка 2-3 мкм и силе нагрузке $F_h = 10$ кгс).	22 ÷ 23	15 ÷ 17
Средняя величина износа при плазменной наплавке CARPENTERMicro-MeltNT-60 по трем зонам трения, мкм:	Ток дуги 70А - 31 Ток дуги 85 А - 37 Ток дуги 100 А - 39	



**Рис. 6.** Диаграмма износа образца №8 –  
наплавка без подслоя шнуром (60WC 40Ni) + порошок (80WC 20Ni)



**Рис. 7.** Диаграмма испытаний на износ образца №9 - наплавка без подслоя шнуром (60WC 40Ni)



Рис. 8. Образец №1 - наплавка шнуром - 60WC 40Ni без подслоя



Рис. 9. Образец №3 - наплавка шнуром (60WC 40Ni) с подслоем никеля

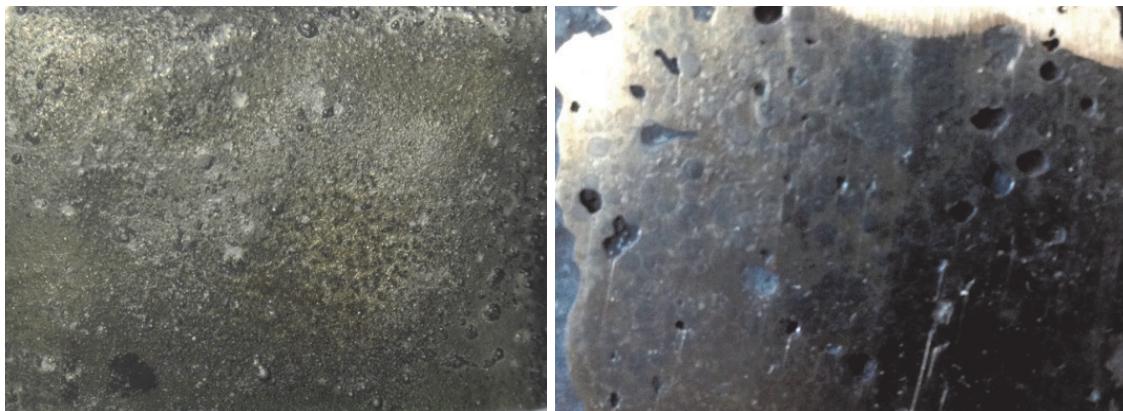


Рис. 10. Поверхность наплавленных образцов:

а – наплавка на поверхности образца № 6 порошкового материала 80WC 20Ni;  
б – дефектная структура поверхности образца №9 наплавленного шнуром - 60WC 40Ni

## ВЫВОДЫ

1. При наплавке шнуром, наблюдается образование дефектов в виде пор.

2. При наплавке с применением порошка, дефекты не наблюдаются, поверхность формируется более равномерной и однородной.

3. Образование зоны сплавления и ее глубины в значительной степени зависит от наличия подслоя и процесса реализации технологии наплавки.

4. Технология ацетиленокислородной наплавки дает возможность получить химически чистые карбиды с высокими эксплуатационными свойствами.

5. Структура с крупными глобулярными карбидами обладает большей износостойкостью с минимальным разбросом значений микротвердости, однако наблюдается склонность к образованию дефектов.

6. Величина износа во многом зависит от размеров карбидов и плотности их расположения.

7. Ацетиленокислородная наплавка имеет экономическое преимущество перед плазменной наплавки из-за низкой стоимости оборудования и самой технологии наплавки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Паркин А.А., Жаткин С.С., Минаков Е.А. Влияние структуры и свойств на износ покрытия Micro Melt NT-60 после плазменной порошковой наплавки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. №4(3). С. 847-852.
- Исследование локального износа покрытий Micro Melt NT-60 и Stellite 190W, полученных плазменной порошковой наплавкой / Е.А. Минаков, С.С. Жаткин, А.А. Паркин, О.С. Фураев, В.Г. Климов // XII международная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий

- в промышленности и экономике». 8-10 декабря 2011 г. Санкт-Петербург, Россия. С. 254-259.
3. Паркин А.А., Жаткин С.С., Минаков Е.А. Оптими-  
зация технологии плазменной наплавки порошко-  
вых материалов // Металлургия машиностроения.  
2011. № 1. С. 44-49.

**THE INFLUENCE OF DISPERSION OF TUNGSTEN CARBIDES ON THE PROPERTIES  
AND WEAR RESISTANCE OF MULTI-LAYERED GAS-THERMAL COVERINGS  
WITH NICKEL UNDERLAYER**

© 2016 A.A. Parkin, S.S. Zhatkin, A. B. Syomin

Samara State Technical University

The work deals with the research of the structure, mechanical properties and wear resistance of multi-layered covering formed by oxyacetylene cladding from carbide flexible wire, powder material with and without nickel underlayer. Dependence of change of size of wear on the structure of the built-up material and terms of cladding are established.

*Keywords:* cladding, tungsten carbide, microstructure, wear resistance, microanalysis.

---

Anatoly Parkin, Candidate of Technics, Professor at the Founding and High-Performance Processes Department.  
E-mail: [laser@samgtu.ru](mailto:laser@samgtu.ru)

Sergey Zhatkin, Candidate of Technics, Associate Professor at the Founding and High-Performance Processes Department.  
E-mail: [laser@samgtu.ru](mailto:laser@samgtu.ru), [sergejat@mail.ru](mailto:sergejat@mail.ru)  
Aleksandr Syomin, Engineer, "Volgaburmash".