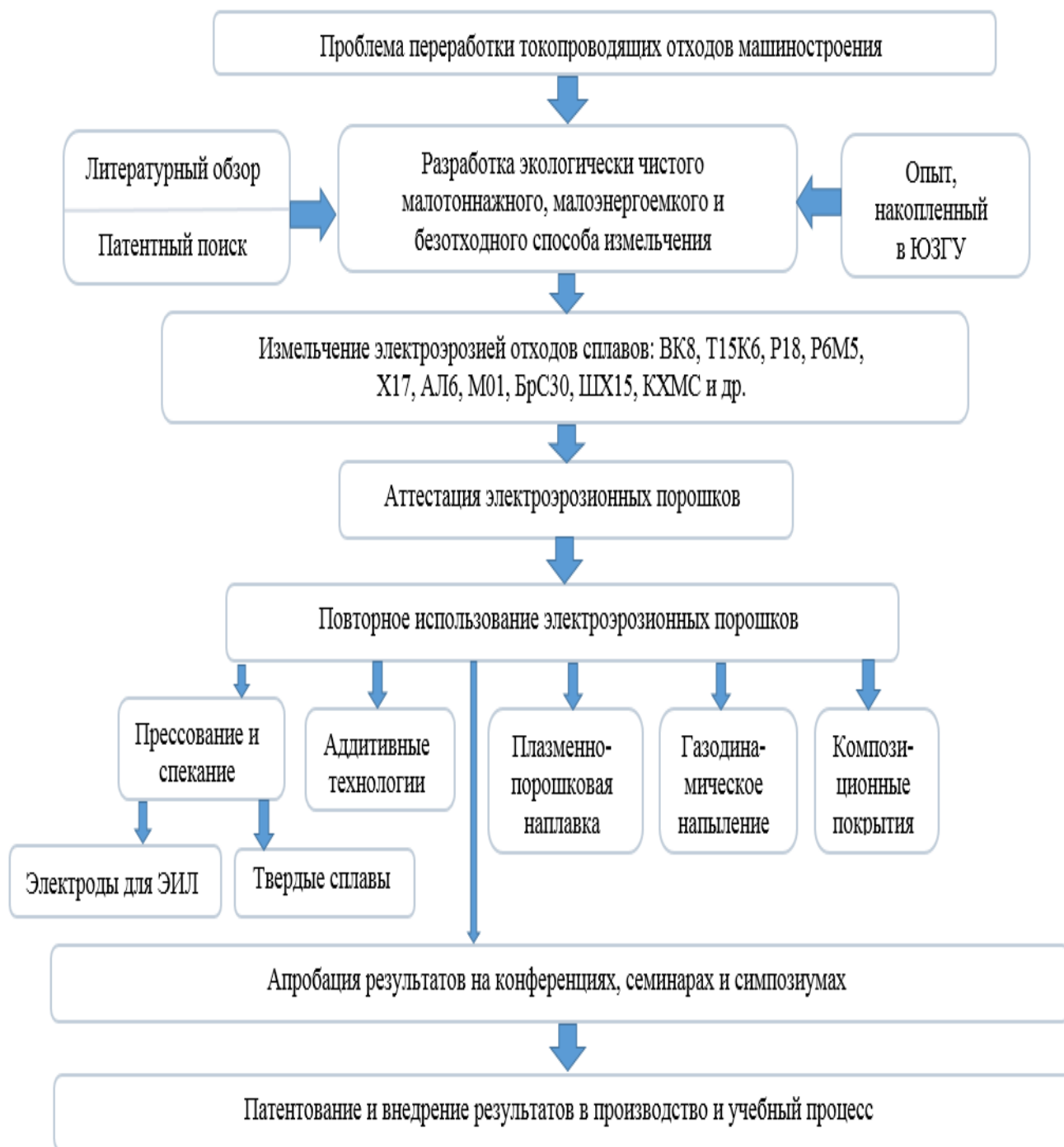


## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ



Одной из основных проблем современного машиностроения является переработка металлоотходов, в том числе и трудно перерабатываемых, силами собственных производственных мощностей предприятий машиностроительного комплекса при минимальных затратах энергии и экологическом уроне окружающей среды.

Авторами на основе литературного обзора, патентного поиска и опыта, накопленного в Юго-Западном государственном университете, разработан и

запатентован экологически чистый, малотоннажный, малоэнергоёмкий и безотходный способ измельчения токопроводящих отходов – электроэрозионное диспергирование. Разработан комплекс новых технологий, приборов и материалов для возможности практической реализации технологии измельчения токопроводящих отходов машиностроения различных марок в порошки микро- и нанодробей и вторичное их использование в ресурсосберегающих технологиях. Авторы подвергали электроэрозионному измельчению металлоотходы сплавов, широко применяемые в современном машиностроении, такие как:

- твердые сплавы марок: ВК8, Т15К6, Т30К4, ТТ20К9, КНТ16, ТН20 и др.;
- легированные стали марок: Р18, Р6М5, Х13, Х17, ШХ15 и др.;
- цветные сплавы БрС30, АЛ6, ВТ20, ОТ4, М01, КХМС и др.

Далее с использованием современных взаимодополняющих оборудования и методик проведена аттестация полученных электроэрозией порошковых материалов.

На основе комплекса данных о составе, структуре и свойствах полученных порошковых материалов разработаны технологические процессы для их повторного практического применения в машиностроении в качестве: новых твердых сплавов, полученных путем искрового плазменного спекания твердосплавных порошков ВК8, Т15К6, Т30К4, ТТ20К9, КНТ16; новых твердосплавных электродов для электроискрового легирования, полученных путем изостатического прессования и спекания твердосплавных порошков ВК8 и Т15К6; новых аддитивных изделий путем селективного лазерного сплавления порошков цветных сплавов ОТ4, ВТ20 и КХМС; новых износостойких порошковых материалов из сплавов ВК8, Т15К6, Т30К4, Р6М5, Х17, БрС30, АЛ6, М01 для плазменно-порошковой наплавки, газодинамического напыления и композиционных гальванических покрытий.

## **ОСНОВНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИДЕЯ РАБОТЫ**

Научно-техническая идея заключается в применении электрической эрозии для измельчения отходов машиностроения в порошки и оптимизация этого процесса применительно к диспергированию отходов конкретной марки. При электроэрозионном диспергировании (ЭЭД) разрушение токопроводящего металлоотходов различных марок происходит в результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между кусками металлоотходов. При ЭЭД импульсное напряжение генератора импульсов прикладывается к электродам и далее к металлоотходам. При достижении напряжения определённой величины происходит электрический пробой рабочей жидкости, находящейся в межэлектродном пространстве с образованием канала разряда. Благодаря высокой концентрации тепловой энергии материал в точке разряда плавится и испаряется, рабочая жидкость испаряется и окружает канал разряда газообразными продуктами распада (газовым пузырьём). В результате развивающихся в канале разряда и газовом пузыре значительных динамических сил, капли расплавленного металлоотхода выбрасываются за пределы зоны разряда в рабочую жидкость, и застывают в ней, образуя сферические и эллиптические частицы порошка.

# ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЙ ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЕТАЛЛООТХОДОВ

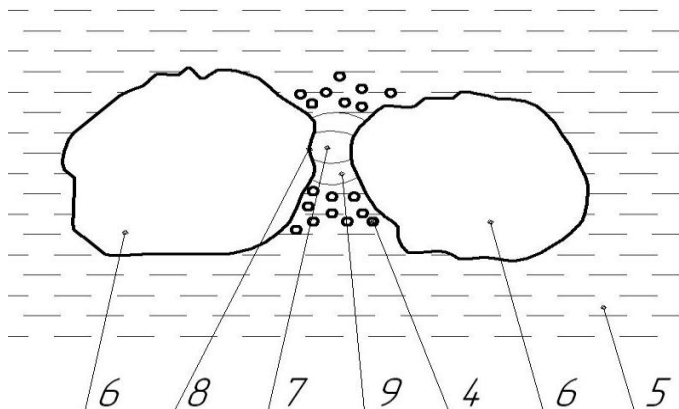


Схема процесса  
измельчения

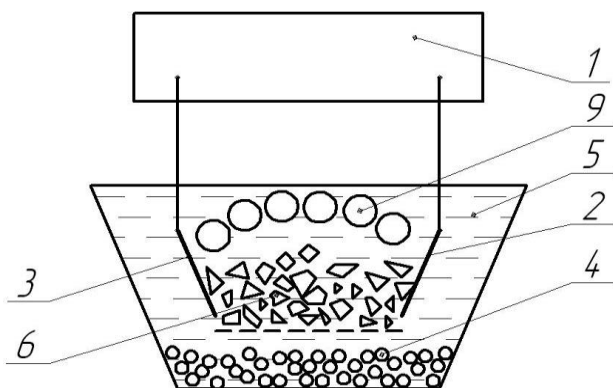
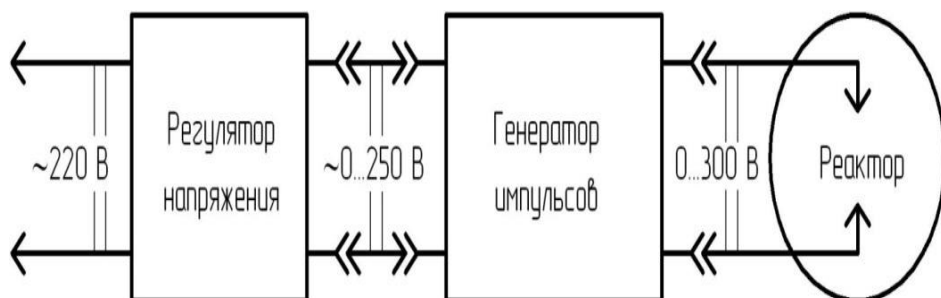


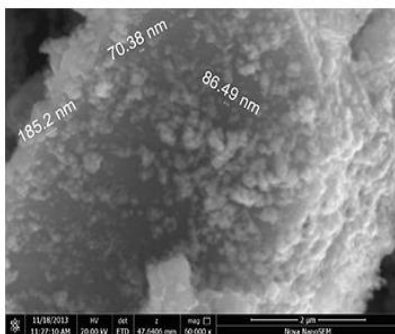
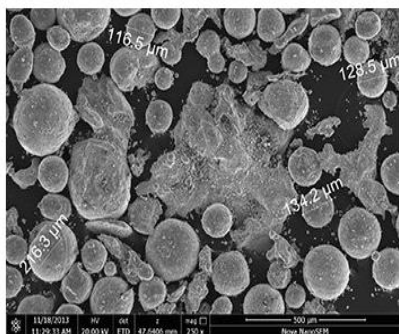
Схема установки



Структурная схема  
установки



Генератор  
импульсов



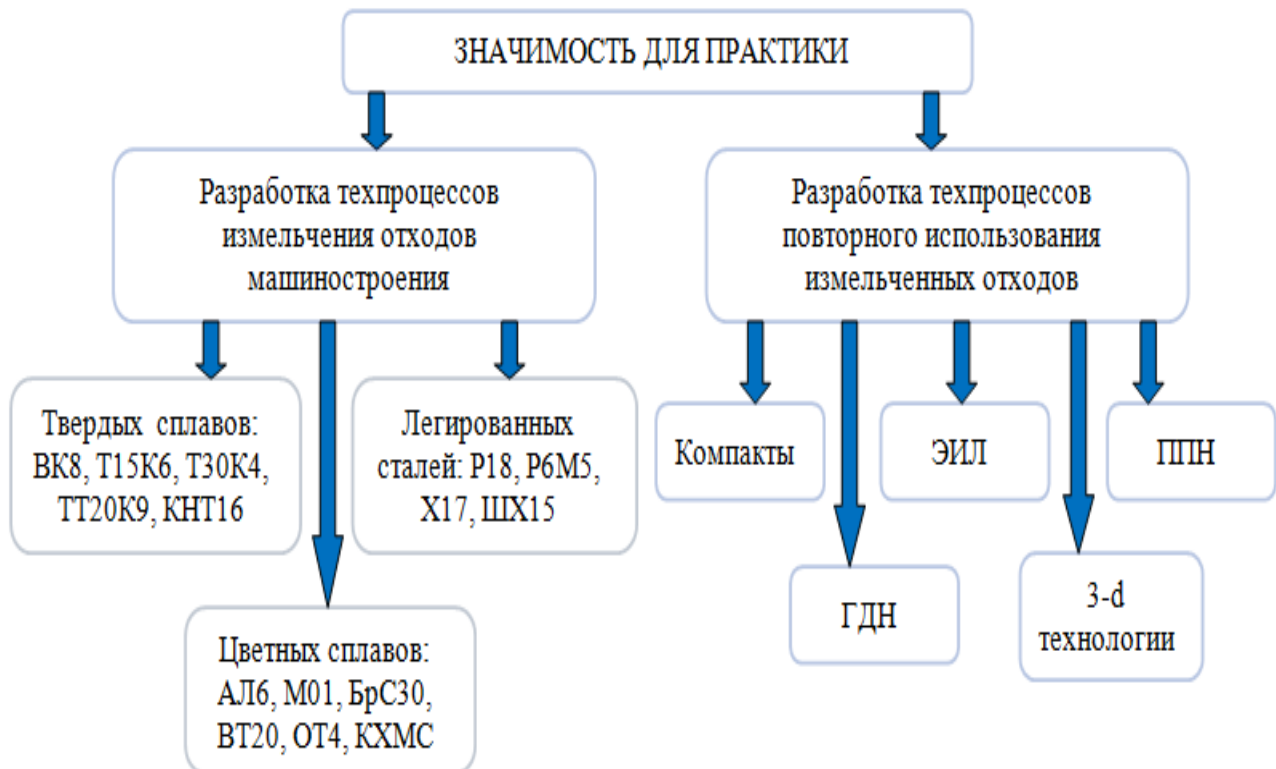
Электроэрозионный  
порошок

## НОВИЗНА РАЗРАБОТОК



Научная новизна разработок заключается в установлении закономерностей, зависимостей и взаимосвязей при получении порошковых композиций электроэрозионным диспергированием, позволяющих обеспечить требования, предъявляемые к порошкам, используемым в технологических процессах производства или восстановления упрочнения деталей машин и инструмента. Установлены зависимости свойств металлопорошковых композиций на основе порошков (гранулометрического состава, среднего размера частиц, удельной площади поверхности, морфологии и элементного состава, фазового состава), полученных электроэрозионным диспергированием от свойств исходных материалов технологических режимов и среды диспергирования. Созданы модели процесса получения металлопорошковых композиций электроэрозионным диспергированием, использование которой позволит управлять процессом получения металлопорошков. Установлены зависимости свойств экспериментальных образцов от свойств металлопорошковых композиций (гранулометрического состава, среднего размера частиц, удельной площади поверхности, морфологии и элементного состава, фазового состава). Разработаны модели процессов спекания экспериментальных образцов из полученных металлопорошковых композиций, использование которых позволит управлять процессом изготовления изделий, с целью повышения физико-механических и эксплуатационных свойств спеченных образцов.

## ЗНАЧЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ДЛЯ ПРАКТИКИ



Разработанные электроэрозионные порошковые материалы и изделия на их основе обеспечат экономические показатели на уровне мировых производителей и не допустят отставания России от ведущих стран мира. Конкурентоспособность разработок по сравнению с существующими отечественными и зарубежными аналогами обеспечивается:

- наличием собственного запатентованного оборудования и технологий;
- малыми энергетическими затратами (до 0,1 кВт на 1 кг порошка);
- экологической чистотой процесса (отсутствие сточных вод, вредных выбросов);
- малой тоннажностью процесса (от 100 г).



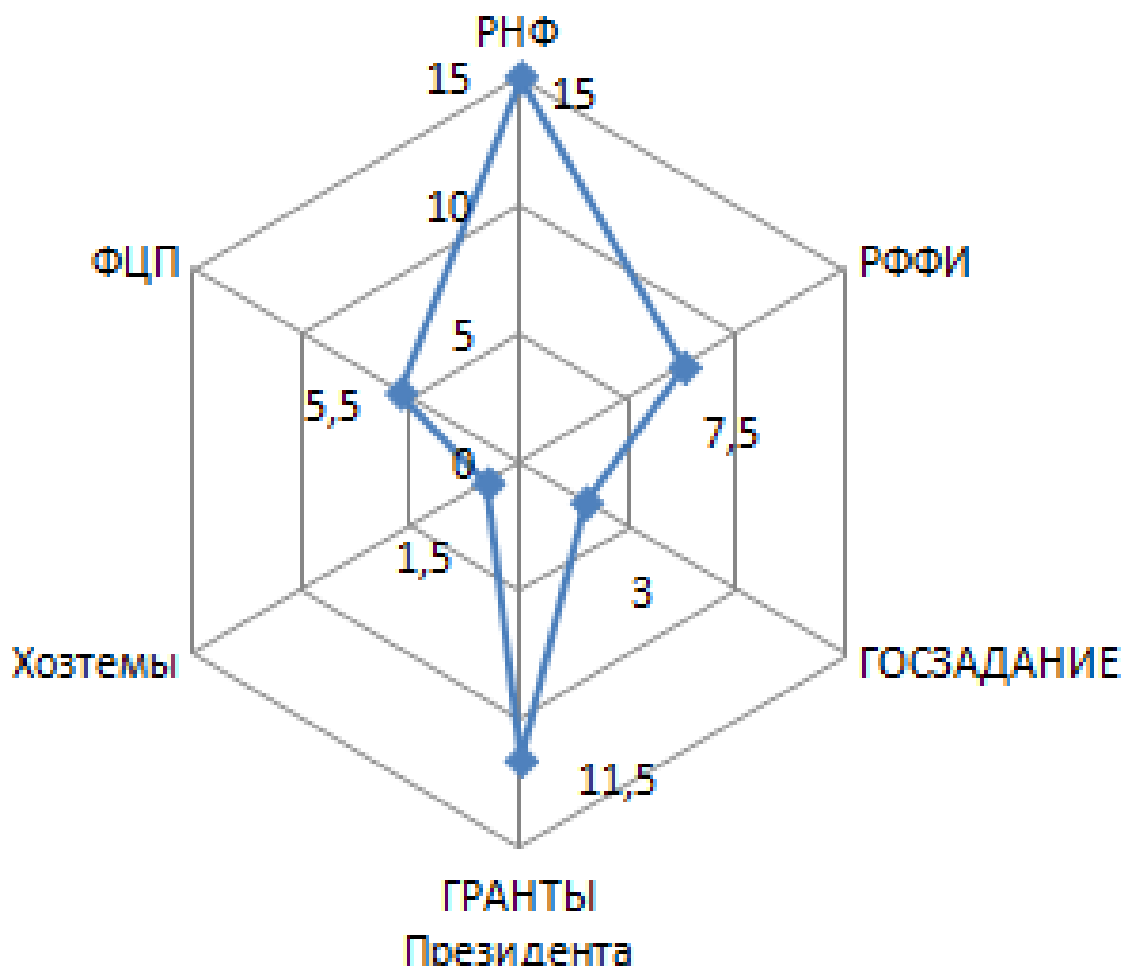
Начавшиеся в 2000-е годы в Юго-Западном государственном университете исследования получения порошковых материалов завершились созданием в 2014 году научно-образовательного центра «Порошковая металлургия и функциональные покрытия» под руководством д.т.н., профессора Агеева Е.В. молодыми учеными ведутся перспективные разработки и исследования, направленные на получение функциональных материалов, включая наноматериалы, из токопроводящих отходов машиностроения на основе энерго- и ресурсосберегающей, экологически чистой и безотходной технологии электроэрозионного диспергирования.

Количество публикаций по теме работы:

- патентов на изобретение: 78;
- статей в изданиях Web of Science и Scopus: 98;
- статей в журналах ВАК: 280;
- учебных пособий: 32;
- монографий: 36;
- статей в сборниках РИНЦ: 428.

## ДОСТИГНУТЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ РАБОТЫ

### ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ ИЗ ФИНАНСИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ



Общегодовой доход ООО «РосУтилизация 46» г. Курск в 2021 г. от внедрения технологии электроэрозионного диспегирования при переработке металлотходов составил более 10 млн. руб.

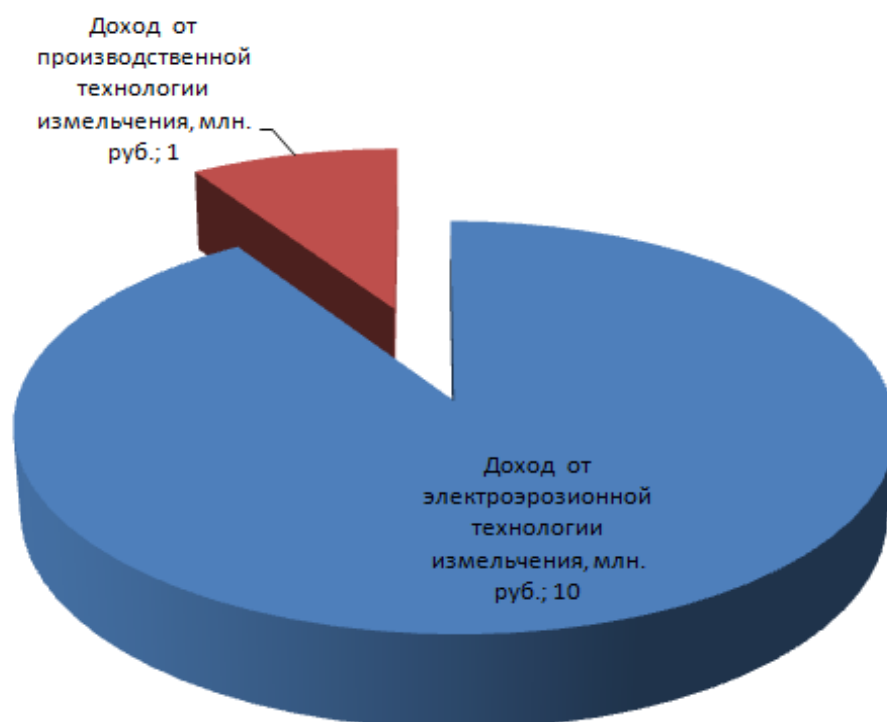
В ООО «РосУтилизация 46» г. Курск производство более 5 т порошков микро- и нанодробей различных марок сплавов.

В ОАО «Краснополянская СХТ» г. Курск производство и потребление для собственных нужд более 200 кг износостойких порошковых материалов для плазменно-порошковой наплавки.

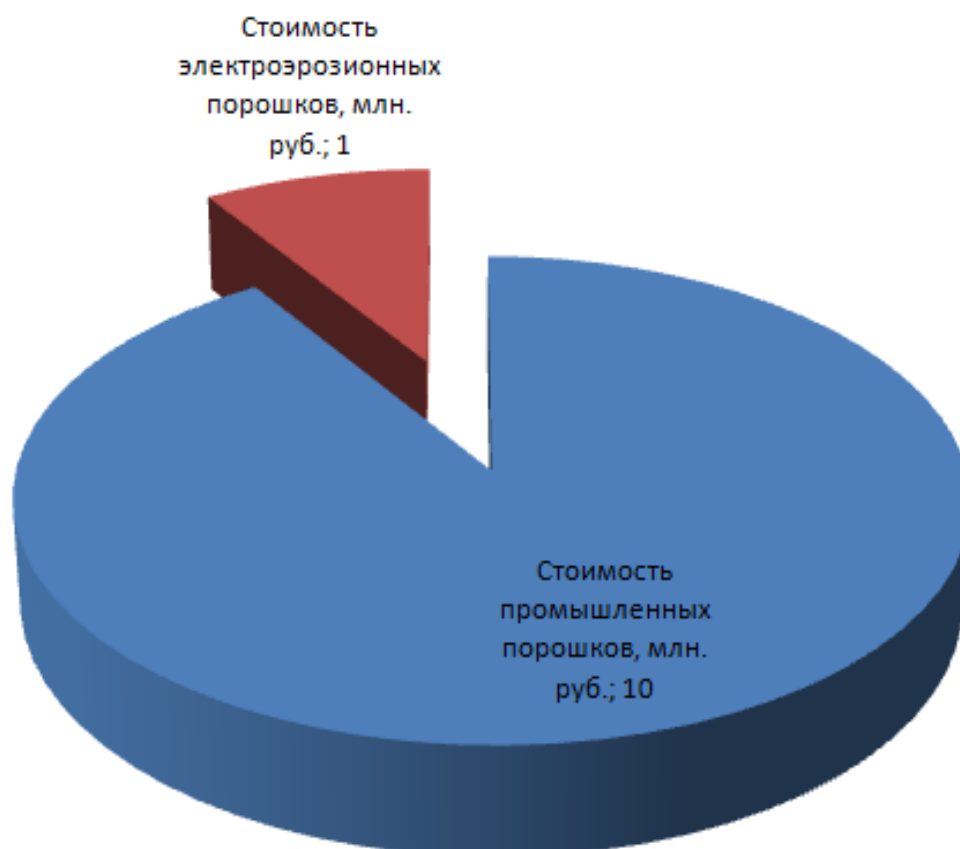
Экономия средств в ОАО «Краснополянская СХТ» г. Курск на порошковые материалы для плазменно-порошковой наплавки в 2020 г. составила более 1 млн. руб.



## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ



### ООО «РосУтилизация46»



### ОАО «Краснополянская СХТ»