



Утверждаю:

Машьянов В.Г.

Директор ООО «Струмтех, ЛТД»



Киселева Т.С.

Директор ООО «УкрНИИЭлектротерм»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к технико-коммерческому предложению по модернизации дуговых печей переменного тока типа ДСП-6, ДС6-Н1, ДС5-МТ с переводом на питание постоянным током

г. Запорожье 2016 г

1. Введение.

В настоящее время на многих промышленных предприятиях, имеющих литейных цех, находятся в эксплуатации дуговые печи переменного тока емкостью 5,0 - 6,0 тонн типа ДСП-6, ДС-6Н1, ДС5-МТ, изготовленные более 30-ти лет назад. Данные печи не соответствуют современным экономическим, технологическим и экологическим требованиям, и нуждаются в модернизации. Одним из перспективных направлений совершенствования дуговых печей переменного тока с точки зрения экономии материальных и энергетических затрат, а также воздействия на окружающую среду, улучшения условий труда, повышения качества литья является их перевод на питание постоянным током с одновременной заменой системы управления электропечным комплексом на современную с промышленным компьютером. ООО «Струмтех, ЛТД» предлагает выполнить проект модернизации печи указанного типа на базе **нового тиристорного выпрямителя собственной разработки** (находящегося на складе предприятия).

2. Цель перевода дуговой печи переменного тока на питание постоянным током.

Целью модернизации дуговой печи переменного тока типа ДСП-6, ДС6-Н1, ДС5-МТ с переводом на питание постоянным током является улучшение показателей ее работы, а именно:

- снижение удельного расхода графитированных электродов;
- снижение удельного расхода электроэнергии;
- снижение расхода легирующих добавок;
- снижение угара шихты;
- повышение стойкости футеровки.
- снижение пыле-газовыбросов (снижение затрат на газоочистку);
- снижение уровня шума;
- улучшение качества потребляемой электрической энергии за счет уменьшения толчков тока в питающей энергосистеме (снижение фликкер-эффекта в 2-3 раза).
- снижение требований к размерам исходной шихты (возможность использовать стружку и крупногабаритный лом);
- повышение качества получаемого металла за счет перемешивания расплава в период проведения технологических операций;
- автоматизация процесса ведения плавки, возможность регистрации и архивации ее электрических и технологических параметров.

Примером эффективности такого проекта служит модернизация печи ДСП-6Н2 с переводом на питание постоянным током в фасонно-сталелитейном цехе ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог». Модернизация печи выполнена ООО «Струмтех, ЛТД» (электрическое оборудование) и ООО «УкрНИИЭлектротерм» (конструкторская документация на реконструкцию электропечи). Печь эксплуатируется с 2004 г. по настоящее время. В результате модернизации были достигнуты следующие технико-экономические показатели (на этапе проведения 3240 плавок):

1. Преимущественный сортамент выплавляемых марок сталей: 25Л, 35Л, 50Л, 75Х28Н2СЛ, 110Г13Л, 40Х24Н12СЛ, 35ХМЛ.
2. Численность персонала печи – 3 человека.
3. Общий угар шихты – 4.37%
4. Угар легирующих элементов при выплавке легированных марок стали:
 - Cr – 4.2%
 - Mn – 5.6%

Si – 8.1%

5. Удельный расход электроэнергии на 1 тонну продукта:

- при выплавке с окислением – 650 кВт/ч;
- при выплавке переплавом – 600 кВт/ч.

6. При отсутствии межплавочных простоев удельный расход электроэнергии сокращается до 465 кВт/ч на тонну.

7. Удельный расход графитированных электродов – 2.7 кг/т.

8. Стойкость огнеупорной футеровки:

- свод – 150 плавов;
- стены – 250 плавов;
- подины – 1800 плавов.

Срок окупаемости проекта модернизации определяется индивидуально для каждого конкретного объекта путем сравнения технико-экономических показателей существующей печи переменного тока емкостью 5.0 или 6.0 тонн с показателями модернизированной ДСП-6Н2 и с затратами на проведение модернизации.

Принципиальным отличием печи постоянного тока ДСПТ от ДСП является возможность расположения источника питания на большом расстоянии (50-70м) от электропечи. Это позволяет располагать печной трансформатор несимметрично относительно оси электропечи, а также использовать один источник питания на две и более электропечи с поочередной их работой.

3. Программа работ по модернизации печи ДСП

Модернизация печи ДСП с переводом на постоянный ток состоит из следующих этапов:

1. Разработка технического задания (ТЗ) на модернизацию.

ТЗ включает в себя:

- технические требования к электросталеплавильному комплексу постоянного тока ДСПТ-6.0;
- технические требования к источнику питания постоянного тока ДСПТ-6.0;
- технические требования к системе управления ДСПТ-6.0;
- технические требования к размещению оборудования ДСПТ-6.0 на объекте;
- требования к разработке рабоче-конструкторской документации (РКД) на реконструкцию электропечи ДСПТ-6.0;
- требования к разработке документации на проектно-монтажные работы.

2. Разработка РКД на реконструкцию электропечи ДСПТ-6.0.

3. Разработка документации на проектно-монтажные работы.

4. Приобретение необходимого оборудования и материалов.

5. Монтажные и пуско-наладочные работы.

6. Ввод ДСПТ-6.0 в эксплуатацию с проведением опытных плавов.

4. Описание модернизированной печи ДСПТ-6.0.

4.1. В конструкцию электропечи вносятся следующие изменения:

- вместо трех стоек с электрододержателями используется только одна;

- существующий привод перемещения сводового электрода (гидравлический или электромеханический) меняется на современный мотор-редуктор с асинхронным двигателем, имеющим частотно - регулируемый привод;
- в подину ванны электропечи монтируется водоохлаждаемый подовый электрод стержневого типа с токоподводом;
- применяются новые водоохлаждаемые кабельные гирлянды (на сводовый и подовый электроды), рассчитанные на ток 14 000 А;
- усовершенствуется система охлаждения электропечи;
- плавильная ванны и свод электропечи футеруются согласно новым требованиям.

4.2. Источник питания постоянного тока ДСПТ-6.0 состоит из следующего оборудования:

1. Комплектное распределительное устройство (КРУ) 6 кВ с вакуумным высоковольтным выключателем;
2. Электропечной трансформатор ЭТЦП-10000/10-87 УХЛ4 с принудительной циркуляцией воды и масла (допускается использование ЭТЦПК-12500/10-74 УЗ);
3. Тиристорный выпрямительный блок с микропроцессорной системой управления;
4. Станция охлаждения тиристорного блока (теплообменник);
5. Дроссель токоограничивающий с естественным воздушным охлаждением – 2 шт.

Источник питания с трансформатором ЭТЦП-10000/10-87 УХЛ4 обеспечивает следующие электрические режимы работы печи:

№ режима	U_n , В	I_n , А	P_n , кВт
1	650	5 500	3 575
2	560	6 000	3 360
3	500	7 000	3 500
4	450	7 000	3 150
5	325	11 000	3 575
6	280	12 000	3 360
7	250	14 000	3 500
8	225	14 000	3 150
9	180	11 000	1 980
10	160	12 000	1 920
11	130	14 000	1 820

где: U_n – номинальное напряжение дуги;

I_n – номинальный ток электрода ;

P_n – номинальная активная мощность, вводимая в печь.

Данные электрические режимы позволяют выбрать оптимальный вариант питания печи с целью минимального потребления реактивной энергии на любой стадии плавки.

4.3. Система управления ДСПТ- 6.0.

Система управления электропечным комплексом состоит из следующих элементов:

- Пульт управления электропечью с промышленным компьютером
- Шкаф управления электропечью
- Пульт управления наклоном электропечи выносной
- Пульт управления механизмами электропечи выносной
- Шкаф управления гидроагрегатом*
- Пульт управления гидроагрегатом навесной*

* - при гидравлическом приводе механизмов наклона и подъеме-поворота свода электропечи

Основным преимуществом системы управления печи постоянного тока является возможность одновременной стабилизации тока и напряжения дуги, а соответственно и активной мощности, вводимой в печь, при равномерной нагрузке фаз питающей сети 6 кВ. В печи ДСП стабилизируется лишь один из параметров (ток, напряжение или мощность). Напряжение дуги стабилизируется с помощью микропроцессорного регулятора, который воздействует на механизм перемещения электрода (аналогично печи ДСП), а ток дуги стабилизируется с помощью системы фазо-импульсного управления тиристорного выпрямительного блока.

Управление процессом плавки осуществляется с пульта управления электропечью с промышленным компьютером, который кроме стандартного набора органов управления, контроля, диагностики и сигнализации аварийных режимов работы электропечного комплекса, обеспечивает:

- автоматический режим перемещения сводового электрода с поджигом дуги и поддержанием заданного напряжения;
- автоматическое поддержание тока на заданном уровне;
- автоматический режим ведения плавки согласно регламента;
- возможность автоматического изменения силы тока по заданному алгоритму с целью перемешивания расплава в период проведения технологических операций.

Промышленный компьютер позволяет выводить на жидкокристаллический дисплей 17" и архивировать цифровые данные и мнемосхемы электрического режима плавки (ток, напряжение дуги, мощность, вводимая в печь, положение ступени ПБВ печного трансформатора), данные питающей сети (ток, напряжение, потребляемая активная и реактивная мощность, $\cos \varphi$), осциллограф «следа», расшифровку аварийных ситуаций, данные технологического характера, также обеспечивает возможность обмена информацией с другими системами (например экспресс-лабораторией, персональным компьютером руководителя и т.д.).

5. Стоимость оборудования и работ по модернизации печи

5.1. Поставщик и разработчик источника питания печи ДСПТ-6.0 – ООО «Струмтех, ЛТД».

В комплект поставки входят:

1. Комплектное распределительное устройство (КРУ) 6 кВ;
2. Тиристорный выпрямительный блок с микропроцессорной системой управления*;
3. Станция охлаждения тиристорного блока (теплообменник)*;
4. Дроссель токоограничивающий – 2 шт;
5. Система управления ДСПТ-6.0

* - находятся на складе ООО «Струмтех, ЛТД»

Стоимость указанного оборудования составляет эквивалент **350 000 долл. США**, кроме того НДС.

5.2. Электропечной трансформатор ЭТЦП-10000/10-87 УХЛ4 . Поставщик – ООО «Струмтех, ЛТД» (1989 г.в, с резерва, в работе не был, после ревизии на специализированном предприятии ПАО «ВИТ» г. Запорожье). Стоимость трансформатора составляет эквивалент **150 000 долл. США**, кроме того НДС.

При наличии такого трансформатора или ЭТЦПК-12500/10-74У3 у Заказчика – используется имеющийся.

5.3. Разработка РКД на реконструкцию электропечи ДСПТ- 6.0, поставка необходимых деталей и узлов для реконструкции электропечи. Исполнитель ООО «УкрНИИЭлектротерм». Стоимость указанных работ, поставляемых узлов и деталей **40 000 долл. США**, кроме того НДС.

5.4. Разработка документации на проектно-монтажные работы. Исполнитель – проектная организация, имеющая необходимый опыт, по выбору Заказчика. Стоимость согласовывается после определения объема проектирования.

5.5. Затраты на демонтажные, монтажные, футеровочные работы, приобретение необходимых материалов несет Заказчик.

5.6. Стоимость шеф-монтажных, шеф-наладочных работ, проведение опытных плавов и обучение персонала входит в стоимость оборудования.

5.7. Все цены, указанные в данном разделе, - ориентировочные. Окончательная стоимость формируется после ознакомления с объектом модернизации, согласования технического задания, проведения коммерческих переговоров.

6. Срок выполнения работ.

Срок изготовления и поставки оборудования ДСПТ- 6.0, а также выполнение работ (п.5.1-5.4) составляет 120 дней.

7. Условия оплаты

Учитывая, что часть оборудования (тиристорный выпрямительный блок с микропроцессорной системой управления и станцией охлаждения) уже изготовлены, оплата может производиться по согласованному графику без значительных авансовых платежей.

8. Контактные данные

ООО «Струмтех, ЛТД»

Украина, 69069, г. Запорожье,

ул. Днепровское шоссе, 11.

Директор – Машьянов Владимир Гаврилович

тел./факс +38 (061) 284-53-07

моб +38 (066) 722-22-29

strumtex@dctel.net.ua

ООО «УкрНИИЭлектротерм»

Украина, 69035, г. Запорожье

ул. Независимой Украины, 80

Директор - Киселева Татьяна Семеновна

тел./факс +38 (061) 233-02-11

моб +38 (050) 456-00-31

termoing@ukr.net; www.niiterm.com.

9. Референции

9.1. Референц-лист по поставкам и разработкам источников питания постоянного тока ООО «Струмтех, ЛТД» (до 1992 г. НИИ «Преобразователь» отдел ОМПА»)

№ п/п	Ток/напряжение выпрямителя	Год поставки	Кол-во шт.	Предприятие	Примечание
1	12,5кА / 460В	1974	2	ОАО «МЭЧЕЛ» г. Челябинск	Печь емк. 5÷6 т.
2	40кА / 660В	1977	1	Металлургический завод г. Фрайталь, ГДР	Печь емк. 30 т.
3	40кА / 660В	1987	1	ОАО «Ижсталь» г. Ижевск	Печь емк. 25 т.
4	12,5кА / 460В	1981	1	ОАО «ЗИЛ», г. Москва	Печь емк. 6 т.
5	50кА / 400В	1984	3	Норильский никелевый комбинат	Печь емк. 25 т.
6	12,5кА / 460В	1986	2	Мончегорский никелевый комбинат	Печь емк. 6 т.
7	25кА / 460В	1988	1	ОАО «КАМАЗ» г. Н. Челны	Печь емк. 12 т.
8	16кА / 400В	1989	1	Чаньчунский меткомбинат, КНР	Печь емк. 10 т.
9	16кА / 400В	1989	1	Деяньский меткомбинат, КНР	Печь емк. 10 т.
10	16кА / 400В	1990	3	Таньшаньский меткомбинат, КНР	Печь емк. 10 т.
11	3.15кА/230В	1990	3	Ковровский машиностроительный завод	Печь емк. 0,6 т.
12	3.15кА / 230В	1990	3	«ИжМаш», г. Ижевск	Печь емк. 0,6 т.
13	2х50кА / 115В	1997	1	ОАО «ЗалК», г. Запорожье	Печь кристаллического кремния
14	20кА / 375В	2002	3	ЧАО «Ферротрейдинг» г. Запорожье	Печь емк. 12 т.
15	4кА / 230В	2003	1	Комбинат «Криворожсталь» (г. Кривой Рог)	Печь емк. 0,6÷1 т.
16	5кА / 280В	2003	1	СП «Панком - ЮН» г. Одесса	Печь емк. 0,6÷1 т.
17	8кА / 300В	2003	1	ООО «Арктерм», г. Москва	Печь емк. 1,5 т.
18	20кА / 400В	2004	1	ЗАО «Энергомашспецсталь», г. Краматорск	Печь емк. 12 т.
19	16кА / 220В	2004	1	Комбинат «Криворожсталь» г. Кривой Рог	Печь емк. 6 т.
20	20кА / 400В	2004	1	ОАО «Днепропресс» (ЗАО «ЭЛСТА»), г. Днепропетровск	Печь емк. 12 т.
21	10кА / 300В	2005	1	ОАО «Криворожсталь», Г. Кривой Рог	Печь емк. 3 т.

22	3.2кА / 460 В	2005	1	ОАО «Новомосковский завод металлов и сплавов»	Печь емк. 0,5 т.
22	6,4кА / 230В	2006	1	ОАО «Уралредмет», г. Верхняя Пышма, Россия	Печь емк. 1,5т
23	55кА / 75 В	2006	2	ОАО «КрАЗ» г. Красноярск, РФ	Электролиз алюминия контейнерное исполнение
24	63 кА / 450 В	2007	6	ОАО «АВИСМА» г. Березняки, РФ	Электролиз магния контейнерное исполнение
25	20 кА / 115В	2007	3	ОАО «КМЭЗ», г. Кыштым, РФ	Электролиз меди
26	75 кА / 150 В	2008	5	ОАО «САЗ», г. Саяногорск, РФ	Электролиз алюминия контейнерное исполнение
27	100 кА / 115 В	2008	1	ЧАО «Ферротрейдинг» г. Запорожье	Печь кристаллитческого кремния
28	16 кА / 200 В	2008	2	ОАО «ЗЗФ», г. Запорожье	Печь емк. 5 т
29	25 кА / 24 В	2009	1	ОАО «Новосибирский Завод химконцентратов» г. Новосибирск, РФ	электролиз лития
30	4 кА/230 В	2011	1	ОАО «КАЗ», Магаданская обл., РФ	Печь емк.0.5 т
31	5 кА/230 В	2014	1	ЧАО «Свинец», г. Константиновка, Украина	Печь емк. 1.5 т
32	3x18.5кА/110 В	2014	1	ПАО «ЗЗФ», г. Запорожье	Печь ферросплавная 7.4 МВа

9.2. Референц-лист выполненных ООО «УкрНИИЭлектротерм» работ по дуговым и плазменным электропечам:

- Разработка в 1989г. плазмохимической установки ПНР-01/1 для получения ультрадисперстных порошков в процессе восстановления при высокой температуре для ИНХП АН СССР, г. Черноголовка, Московской обл.
- Разработка совместно с фирмой «ПЛАЗМА-ТЕСТ» в 1995г. плазменной электропечи модульного типа в составе комплекса ПТ-1 для высокотемпературной переработки инфицированных отходов по программе «Отходы России».
- Разработка в 1998г комплекта РКД на реконструкцию электропечи ДСП-1,5 с переводом её на питание постоянным током и заменой гидравлических приводов электромеханическими в литейном цехе Киевского завода инженерных машин (завод «Дормаш»).
- Разработка в 1998г. комплекта РКД на реконструкцию электропечи ДСП-25 с уменьшением её объёма до 12т. Электропечь успешно внедрена на ОАО «Криворожсталь» в 1999г. До сих пор успешно работает при выплавке различных марок сталей.

- Разработка в 2001г. комплекта РКД на реконструкцию электропечи ДСП-1,5 с переводом её питания на постоянный ток. Электропечь внедрена на ООО «Спецсплав», г. Днепрорудный в 2002г.
- Разработка в 2001г. комплекта РКД на двухэлектродную электропечь постоянного тока ДСПП-4,0. Электропечь успешно внедрена на ООО «Спецсплав», г. Запорожье для выплавки феррохрома.
- Разработка в 2002г. комплекта РКД реконструкции электропечи ДС-0,5 с переводом её на питание постоянным током и с увеличением ёмкости до 1,0т. Электропечь успешно внедрена на ОАО «Криворожсталь» в 2003г. и работает по выплавке различных марок чугуна, в том числе и специальных. Также, на ней производят выплавку различных марок стали, медных сплавов, ферроалюминия и т.д.
- Разработка в 2003г. комплекта РКД реконструкции электропечи ДСП-1,5 с переводом её на питание постоянным током. Электропечь успешно внедрена на ООО «Панком-ЮН», г. Одесса в 2004г. Кроме выплавки различных марок стали, в том числе и специальных, на ней проводились опытные плавки по выплавке медных сплавов из руд и концентратов.
- Разработка комплекта РКД реконструкции электропечи ДСП-12-Н1 с переводом её на питание постоянным током для ОАО «Энергомашспецсталь».
- Разработка в 2002г. комплекта РКД электропечи постоянного тока ДСПТ-2,5-И1 с двумя сводовыми электродами по специальному заказу ООО «Металлургпром». Одна электропечь в 2003г. внедрена на ООО «Ленкон», г. Кривой Рог, вторая – реконструирована нами в одноэлектродную электропечь постоянного тока с подовым электродом (ДСПТ-2,5-И2) и в 2004г. внедрена на ООО «ЗКПД», г. Запорожье.
- Разработка в 2003г. комплекта РКД реконструкции и ввод в эксплуатацию электропечи ДСП-6,0 с переводом её на питание постоянным током. Электропечь успешно внедрена на ОАО «Криворожсталь» в 2004г. и бесперебойно работает при выплавке марганцовистых и нержавеющей марок стали.
- Разработка в 2004г. комплекта РКД, изготовление и ввод в эксплуатацию электропечи постоянного тока ДСПТ-3,0-И3. Электропечь успешно внедрена на ОАО «Криворожсталь» в сентябре 2005г. и бесперебойно работает при выплавке специальных марок высокопрочного чугуна.
- Разработка в 2004г. комплекта РКД электропечи постоянного тока ДСТ-6,0-И3 для рафинирования феррохрома на ОАО «Казхром», Казахстан. Проработка изменения технологии рафинирования феррохрома при использовании электропечи постоянного тока.
- Разработка в 2004г. комплекта РКД реконструкции электропечей ДСП-12-Н2 левого и правого исполнения с переводом их на питание постоянным током для мини-завода ОАО «Ферротрейдинг», г. Запорожье. С 2006г. электропечи внедрены и успешно работают на переплаве отсевов ферромарганца, силикомарганца и ферросилиция, на выплавке стали из шлаково-металлической смеси, выплавке различных марок стали из металлолома.
- Разработка в 2006г. комплекта РКД реконструкции электропечи ДСП-3,0 с переводом её на питание постоянным током. Электропечь внедрен на ОАО «Запорожский сталелитейный завод» в 2007г.
- Разработка в 2006г. комплекта РКД электропечи постоянного тока ДСПТ-12-И3 для ЗАО «Элста» (на базе литейного цеха ОАО «Днепропресс», г. Днепропетровск). Электропечь внедрена в 2008г.
- Разработка в 2006г. комплекта РКД электропечи постоянного тока ДСТ-3,0-И1 для ОАО «АвтоЗАЗ».
- Разработка в 2006г. комплекта РКД и поставка на ОАО «Уралредмет», г. Верхняя Пышма, Свердловской обл., РФ , дуговой электропечи постоянного тока ДТПТ-1,0-И2 для выплавки ферротитана. Электропечь внедрена в августе 2007г.
- Разработка в 2006г. опытных плазменных комплексов для выплавки стали с предварительным подогревом шихты для ООО «Плазматекс», г. Днепропетровск. Комплексы успешно внедрены в 2007г.
- Разработка в 2007г. комплекта РКД и изготовление недостающих частей по двум дуговым электропечам ДС-6,0 для ЗАО «Элста», г. Днепропетровск.
- Разработка в 2008г. дуговой электропечи переменного тока ДСП-6,0-И4, проведение шеф–монтажных и пуско-наладочных работ при вводе электропечи в эксплуатацию на СП «Эрдэнэт», Монголия. Электропечь успешно внедрена в 2009г.

- Разработка в 2008г. Технического Проекта с последующей разработкой комплекта РКД на реконструкцию электропечей ДС-1,5, ДС-5,0 и ДСП-8,0 с переводом их на питание постоянным током для ООО «Механический завод», г. Норильск, РФ.
- Разработка в 2008г. и внедрение двух электропечей постоянного тока ДШПТ-5,0 для переплава ШМС и отсевов ферросплавов для Запорожского ферросплавного завода. Одна электропечь внедрена в сентябре 2010г., вторая - в феврале 2011г.
- Разработка в 2009г. и внедрение в 2010г. камеры дожигания технологических газов от электропечей для переплава отсевов на ОАО «Запорожский ферросплавный завод».
- Разработка в 2010г. и изготовление механизмов электропечи ДСП-3,0 для вагоностроительного завода, г. Амвросиевка, Донецкой обл. Механизм успешно внедрён в 2011г.
- Разработка в 2011г. комплекта РКД реконструкции дуговой электропечи переменного тока ДСП-3,0-И4, поставка оборудования, проведение шеф-монтажных и пуско-наладочных работ при вводе электропечи в эксплуатацию на СП «Эрдэнэт», Монголия. Реконструкция успешно проведена в 2012г.
- Разработка в 2011г., поставка и внедрение электропечи постоянного тока ёмкостью 0,5т легковесной шихты для переплава отходов, содержащих благородные металлы на Колымском аффинажном заводе, РФ. Электропечь успешно внедрена в октябре 2012г.
- Разработка короткой сети и реконструкция электрододержателей для электропечи ДСП-12,0 на Кременчугском сталелитейном заводе в 2012г.
- Разработка в 2012г. комплекта РКД и изготовление дуговой электропечи ДСП-12,0 для ООО «ВЭМЗ», г. Иваново, РФ.
- Разработка в 2012г. комплекта РКД агрегата «Печь-ковш» АКП-12,0 для ООО «ВЭМЗ».
- Разработка в 2013г. комплекта РКД электропечи ДСП-3,0 для Свесского насосного завода.
- Разработка в 2014г. комплекта РКД механизма подъёма и поворота свода электропечи ДСП-25,0-И4 для ООО «АзовЭлектроСталь», г. Мариуполь.
- Разработка в 2011г., поставка и внедрение электропечи постоянного тока ёмкостью 0,5т легковесной шихты для переплава отходов, содержащих благородные металлы на Колымском аффинажном заводе, РФ. Электропечь успешно внедрена в октябре 2012г.
- Внедрение в 2014г. модернизированной электропечи №15 цеха №1 ПАО «ЗФЗ» с переводом питания электропечи от источника ультранизкой частоты.