

## КОНКУРС

### “Лучший инновационный проект в области металлургии и машиностроения” Петербургская техническая ярмарка, 2008г.

Полное название организации: \_\_\_ ООО «Научно-техническая фирма «ЭКТА» \_\_\_\_\_

Город (страна)\_ РФ, г. Москва \_\_\_\_\_

#### Название инновационного проекта (разработки, продукции)

Универсальные дуговые печи и миксеры постоянного тока нового поколения ООО «НТФ «ЭКТА» для металлургических и машиностроительных производств, предприятий втормета.

#### КОНТАКТНОЕ ЛИЦО (по данной разработке для работы с экспертом):

к.т.н., Президент ООО «НТФ «ЭКТА» - **Малиновский Владимир Сергеевич**

#### Описание инновационного проекта (разработки), представляемого на конкурс

Полное название разработки:

**Универсальные дуговые печи и миксеры постоянного тока нового поколения (ДПТУ-НП и ДМПУ) ООО «НТФ «ЭКТА» – для создания наукоемких, ресурсосберегающих, экологически чистых технологий для металлургических и машиностроительных производств, а также эффективной переработки вторичного лома.**

1.Название инновационного проекта (разработки, продукции)	Универсальные дуговые печи и миксеры постоянного тока нового поколения ООО «НТФ «ЭКТА» для металлургических и машиностроительных производств, предприятий втормета.
2.Назначение проекта	<p>Оснащение металлургических и машиностроительных предприятий отечественным оборудованием, по своим основным параметрам превышающим мировой уровень.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Разработка и комплектная поставка универсальных дуговых печей и миксеров постоянного тока нового поколения (ДПТУ-НП и ДМПУ) для металлургических и машиностроительных предприятий, емкостью от 0,5 до 100 т.</li><li>• Реконструкция плавильного производства машиностроительных и металлургических предприятий с применением современного высокотехнологичного наукоемкого оборудования.</li></ul> <p>В настоящее время самое серьезное внимание получили вопросы, связанные с экологией и ресурсосбережением. Эти проблемы стоят перед всей промышленностью, и они предельно актуальны для литейно–металлургических производств.</p> <p>Экология и ресурсосбережение тесно связаны друг с другом и определяют нашу среду обитания, внимание к этим вопросам является вынужденным. Поэтому своевременно и справедливо в настоящее время эти вопросы самым серьезным образом рассматриваются на уровне федеральных целевых программ. Эти же программы предусматривают ускоренный рост промышленного производства России, что сопровождается реконструкцией действующих и строительством новых предприятий, в том числе и литейно-металлургических.</p> <p>Будущее предприятий зависит от их конкурентоспособности, которая в свою очередь связана с правильным выбором технологий и оборудования, обеспечивающих не только выпуск высококачественных изделий, соответствующих мировому уровню, но и наименьшие затраты на производство продукции и защиту окружающей среды.</p> <p>Универсальные дуговые печи постоянного тока нового поколения (ДПТУ-НП), предназначены для выплавки различных марок стали, в том числе углеродистых, высоколегированных, инструментальных, штамповых,</p>

	<p>азотосодержащих, конструкционных и других сплавов ответственного назначения; чугунов, включая синтетические; сплавов на основе алюминия, меди, никеля, кобальта, титана и других металлов; любых видов лигатур и ферросплавов; раскислителей. Печи высокоэффективны при производстве качественного литья, в том числе и при переработке отходов вышеперечисленных металлов, с минимальными потерями и минимальными затратами на защиту окружающей среды.</p> <p>ДППТУ-НП и ДМПТУ – ресурсосберегающее оборудование, позволяют экономить не только эксплуатационные расходы, но и затраты на основные фонды при создании новых предприятий или реконструкции действующих. Это достигается за счет отсутствия или снижения затрат на системы подготовки шихты и пылегазоочистки, внепечную обработку расплава, средств уменьшения влияния печных установок на питающие энергосистемы, других сопутствующих расходов. Замена действующих печей (индукционных, ДСП и других) на ДППТУ окупается обычно в течение 3-х–15-ти месяцев, в зависимости от сортамента выплавляемого металла и необходимой производительности.</p> <p>Сертифицированный типоряд <b>миксеров</b> ДМПТУ, как и ДППТУ-НП, не имеет мировых аналогов и предлагается для производства сталей, чугуна, сплавов на основе алюминия, меди и других металлов. Кроме обычных задач, универсальные миксеры постоянного тока нового поколения (ДМПТУ) обладают расширенными технологическими возможностями, они позволяют вести: нагрев расплава, выдержку, легирование, рафинирование, дозированную или полную раздачу расплава; при производстве стали и чугуна - активные шлаковые процессы: десульфурацию, дефосфорацию, науглероживание, обезуглероживание. Кроме нагрева жидкой завалки миксеры обладают возможностью плавки твердой шихты.</p> <p>ДППТУ-НП созданы для получения качественного металла из рядовой шихты на металлургических и машиностроительных предприятиях; позволяют совмещать в процессе плавки, за счет ведения активных технологических процессов: сортировку лома; очистку лома от органических и других включений, без генерации вредных элементов в образующихся в минимальных количествах пылегазовыбросах из печного пространства; расплавление шихты и доведение свойств расплава до заданного уровня качества; при выполнении условий минимальных затрат энергии и потерь материалов плавки (низкий: угар шихтовых материалов (0,2-1,5%), графитированных электродов (до 1,5%), ферросплавов, лигатур и т.д.). Обеспечивают благоприятные условия труда и промышленную безопасность при эксплуатации.</p>
3.Номинация (выбрать из списка)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лучшая инновация в области передовых технологий машиностроения и металлургии.</li> <li>2. Новые высокотехнологичные разработки оборудования и наукоемкие технологии.</li> <li>3. Лучшая инновация года в литейном производстве.</li> <li>4. Экология.</li> </ol>
4.Область применения	Металлургия и машиностроение, предприятия втормета.
5.Стадия разработки	Разработка закончена. Создан сертифицированный ряд оборудования ДППТУ-НП и ДМПТУ. Получено Разрешение ГОСГОРТЕХНАДЗОРА на применение.
6.Состояние разработки (опытный образец, подготовленное производство, серийное производство)	Производство в соответствии с заказами.
7.Научно-техническое	ДППТУ-НП по своим техническим и технологическим возможностям, а также областям применения принципиально отличаются от других плавильных печей,

описание конкурентные преимущества, а также конкретные инновационные решения)

включая дуговые печи постоянного и переменного тока, индукционные и другие. Преимущества нового вида печей явились следствием применения системы технических решений, разработанных и запатентованных специалистами ООО «НТФ «ЭКТА».

Разработана комплексная система плавки, в которой использование дуги постоянного тока является одним из важных, но не единственным элементом процесса. В ДППТУ-НП использованы современные достижения силовой и управляющей электроники, результаты исследований физики дугового разряда, магнитной гидродинамики, металлургической теплотехники, теории металлургических процессов. Для реализации технических и технологических возможностей ДППТУ-НП и ДМППТУ по техническим требованиям ООО «НТФ «ЭКТА» разработано современное специализированное оборудование, в котором новые конструктивные элементы, режимы работы и процессы образуют единый эффективно действующий комплекс.

Этим наша разработка отличается от других зарубежных и отечественных аналогов, в которых совершенствуется известное оборудование или создается новое путем компоновки "старых" решений. При этом основные недостатки оборудования и процессов сохраняются, например: индукционные печи остаются взрывоопасными и технологически пассивными, требуют для производства качественного металла высококачественных шихтовых материалов (подробнее – **Приложение 1**); дуговые печи переменного тока позволяют вести активные металлургические процессы с получением достаточно качественного металла из обычной шихты, но при этом их работа характеризуется малой производительностью, высокими угаром шихтовых материалов, расходом электроэнергии и электродов, пылегазовыбросами, уровнем шума на рабочих местах, резкопеременными режимами работы, генерирующими помехи в систему электроснабжения и другими недостатками (подробнее – **Приложение 2**); современные дуговые печи переменного и постоянного тока отечественного и зарубежного производства рентабельны в металлургических производствах производительностью один и более миллиона тонн стали в год. Они оснащаются: газокислородными горелками, фурмами для подачи кислорода в расплав с энергетическими целями и для перемешивания металла, устройствами для вспенивания шлака, использованием угля, тепла отходящих газов; остаются энергоемкими, с большими потерями выплавляемого металла, шумными, экологически и электротехнически приемлемыми только при высоких затратах на системы пылегазоочистки и компенсацию помех, генерируемых печами и передаваемых в системы электроснабжения, с ограниченными технологическими возможностями, из-за чего их можно эксплуатировать только с устройствами внепечной обработки металла и подготовки шихты и практически нельзя использовать в литейных цехах машиностроительных предприятий, в которых возникают проблемы также с качеством выплавляемого металла.

В ДППТУ-НП удалось устранить практически все основные недостатки традиционных печей и расширить сферу эффективного применения дугового нагрева в литейном производстве, обеспечив эффективную выплавку стали, чугуна, сплавов на основе алюминия, меди, никеля, кобальта, свинца и других металлов, лигатур, ферросплавов, раскислителей и производство качественного литья и переработку отходов вышеперечисленных металлов.

**Ключевые преимущества и достоинства ДППТУ-НП:** новый тип магнитогидродинамического (МГД) перемешивания расплава, осуществляемый на всех этапах плавления; новые электрические режимы расплавления шихты, нагрева и рафинирования расплава; **значительное повышение качества** производимых металлов и сплавов, а также возможность вести плавку из любой рядовой дешевой шихты - за счет ведения активных технологических процессов; высокая надежность, взрывобезопасность работы оборудования, производительность; низкие: угар шихтовых материалов (0,2-1,5%), графитированных электродов (до 1,5%), уровень шума, пылегазовыбросов; расход электроэнергии и т.д.

За счет исключения множества технологических операций, повышения качества

сплавов, себестоимость технологического передела в ДППТУ-НП многократно снижается в сравнении с переделом в индукционных и газовых печах.

Разработки ООО НТФ «ЭКТА» соответствуют целям, поставленным государственной программой.

Универсальные дуговые печи постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП) позволили значительно расширить технологические возможности плавильных печей и ликвидировать многие недостатки дугового нагрева металла.

Называть ДППТУ-НП печами нового поколения нам позволяют технологии, освоенные в промышленности, которые ранее проводить в дуговых печах было невозможно, это:

- Плавка особо качественных алюминиевых сплавов и получение качественного литья из них, без выпечной обработки, переработка алюминиевого лома с максимальными потерями 0,5-1,5 %.
- Переплав легковесной шихты, включая стружку, практически без потерь металла, включая легирующие элементы в нем.
- Переплав металлизированных окатышей с пониженным коэффициентом восстановления, при котором осуществляется восстановление окисленной части окатышей.
- Производство синтетического чугуна, при котором расплавление шихты и науглероживание совмещены.
- Переплав стального лома, включая высоколегированный, с угаром, не превышающим 0,5-1,5 %, без потерь легирующих элементов в нем.
- Выплавка ферросплавов, включая ферротитан, с содержанием титана 70 % из ильменитового концентрата и рутила.
- Выплавка высоколегированных сталей и жаропрочных сплавов сортамента ВИП.
- Выплавка некоторых марок стали, которые ранее можно было осуществить только в плазменных печах.
- Производство высококачественного литья из рядовой шихты.

Конкурентные преимущества представлены на базе конкретных результатов промышленного освоения печей модели ДППТУ-НП и миксеров ДМПТУ производства ООО «НТФ «ЭКТА». Они приводятся в сравнении с дуговыми печами переменного тока (ДСП) и индукционными плавильными печами.

### **Примеры промышленного освоения ДППТУ-НП производства ООО «НТФ «ЭКТА».**

#### **Производство стали.**

##### ДППТУ-6АГ ОАО "Курганмашзавод".

Плавильный агрегат состоит из одного источника электропитания, подключенного к двум плавильным печам вместимостью по 6 тонн. Агрегат был создан путем перевода двух печей ДС-5МТ на питание постоянным током и эксплуатировался в течение 5 лет.

На предприятии был освоен выпуск сложного высококачественного литья из различных марок стали и чугуна на дуговых печах переменного тока. По своим технико-экономическим показателям это производство одно из лучших в России и поэтому полученные преимущества ДППТУ-6АГ являются наиболее объективными.

В ДСП производство чугуна и стали ведется с использованием рядовой дешевой шихты и возврата собственного производства в соответствии с классическими технологиями.

Осуществить перевод побудила возможность решить экологические проблемы не путем строительства системы пылегазоочистки, а реконструкцией печей.

В таблице 1 приведены результаты замеров выбросов из ДППТУ-6АГ при плавке стали 110Г13Л.

Таблица 1

Выбросы, г/с	ПДВ, г/с
--------------	----------

Пыль	0,3301	0,9853
В т.ч. Mn	0,0266	0,1486

Из данных, приведенных в табл.1 следует, что поставленная задача была решена. Одновременно, в среднем на 1 час, сократилось время плавки, значительно уменьшился расход электроэнергии. Наилучший результат - 392 кВт·ч/т, при стабильной работе – 450 кВт·ч/т. Средний расход графитированных электродов составил 1,39 кг/т, угар шихты уменьшился с 6,0-6,5 % до 0,5-1,0 %. Это дает экономию металла 50-60 кг/т, ферромарганца 11,6 кг/т.

Отмечено значительное повышение механических свойств стали 110Г13Л. В ДСП при твердости металла HB 255...269 стрела прогиба составляла 2,5-2,8, балл аустенитного зерна 2-3. В ДППТУ при HB 266 стрела прогиба – 3,6-4,4, балл аустенитного зерна – 1.

При выплавке стали 30ХМЛ процессы рафинирования в ДППТУ-6АГ протекают стандартно с более высокими скоростями удаления фосфора и серы. Особенно высокая скорость обезуглероживания - при рудном кипении, которая составляет 0,1 % в течение 3-5 минут. На предприятии освоено литье для запорной аппаратуры нефтегазового комплекса на давление 750 атмосфер с применением дешевого рядового лома.

При выплавке исследовалось содержание газов в образцах. Образцы изготавливались из клиновых проб, предварительно раскисненных алюминием в количестве 0,1 % по массе. Содержание газов приведено в таблице 2.

Таблица 2

Содержание газов, %		
№ образца	Азот	Водород
1	0,0145	0,00032
2	0,0125	0,00031
3	0,0150	0,00030
4	0,0090	0,00028
5	0,0011	0,00024

Цели реконструкции ДС-5МТ в ДППТУ-6АГ были достигнуты за счет существенного повышения технико-экономических показателей работы печи, улучшения качества выплавляемого металла, решения проблем экологии. Это позволило окупить затраты на реконструкцию за период – менее года.

#### ДППТУ-20 ОАО "Тяжпрессмаш".

Печь создана путем реконструкции ДСВ-20. Вместимость печи после реконструкции - 22÷30 т, по ограничению условий электроснабжения мощность ДППТУ-20 могла быть увеличена только с 8,5 МВА до 10,79 МВА, т.е. печь - "медленная". На печи установлен водоохлаждаемый свод, обработка расплава шлаком ведется по классическим технологиям, применяемым в ДСП, в том числе - рудный кип. В результате реконструкции получены сравнительные показатели, представленные в таблицах 3 и 4.

#### **Сравнительная таблица показателей печей ДСВ-20 и модернизированной ДППТУ-20 на ОАО «Тяжпрессмаш» (г. Рязань)**

Таблица 3

Показатели	ДСВ-20	ДППТУ-20
Пыль, мг/м <sup>3</sup>	27,2	9,9
Шум, дБ (общий уровень)	98	84
Расход электроэнергии на 1 тн жидкой стали общий/по расплавлению, кВт·час	880/535	740/450
Производительность по жидкому, тн/час	4,54	7,16
Средняя продолжительность по плавкам, час	4,92	3,0
Средняя продолжительность плавления по плавкам, час	2,75	2,05
Угар металла общий, %	7-7,5	3,5-5
Расход, кг/тн жидкого:		

Графитированных электродов	14,0	2,12
FeSi	12,5	11,2
SiMn	13,0	11,8
FeMn	11,5	10,6
FeCr (инстр.ст.)	11,2	9,6
FeV (инстр.ст.)	7	4,7
FeMo (инстр.ст.)	2,1	2,1
Извести	48,0	20,7
Шамота (для наведения шлака)	12,1	2,7
Раскислительной смеси (известь, FeSi 45, кокс)	272, 78, 22	192, 46, 18
Магнезитовый кирпич на кладку	22	12
Количество проб в течение плавки, ед.	4-5	3-4
Количество шлака на плавку, тн	1,31	0,46
Годовой выпуск жидкой стали (слитки, фасон), т	12000	20600

**Улучшение показателей качества  
(уровень повышения соответствия ГОСТ в %; за 0 – до реконструкции)**

Таблица 4

По химсоставу	0	35
Предел текучести	0	90
Предел прочности на разрыв	0	60
Относительное удлинение	0	45
Ударная вязкость	0	80
Улучшение по УЗК валов (SEP1921)	0	45

Однородность химического состава и температуры расплава, уменьшение неметаллических включений значительно увеличивают степень переохлаждения при кристаллизации и, как следствие, создают благоприятные условия для улучшения структуры металла. Это подтверждается данными центра управления качеством и независимой экспертизой Франции. Отклонения по хим. составу снизились на 35 %, уровень механических свойств на сталях для отливок и кузнечных слитков - на 5÷20%, уровень несоответствия ГОСТ снизился на 90 %, соответствие ультразвукового контроля повысилось в поковках на 15 %, экспортных валах – 45 %. На "старой" печи плавок с содержанием фосфора более 0,035 % - было 18 %; с содержанием серы более 0,025 % - 33 %. Соответственно на "новой" печи плавок с содержанием фосфора более 0,035 % - 2 %; с содержанием серы более 0,025 % - 15%. Аналогичные изменения наблюдаются со средними значениями этих элементов.

Ниже приведены исследования микро и макроструктуры материала заготовок валов, проведенных Центральной лабораторией ОАО "Тяжпрессмаш".

Исследованием установлено. Плавка ст. 35 Ø 300: макроструктура: точечная неоднородность - балл 1 ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит+феррит, величина зерна - балл 6, ГОСТ 5699-82. Плавка ст. 35 Ø 380: макроструктура: точечная неоднородность - балл 1, ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит+феррит, величина зерна балл 7, ГОСТ 5639-82. Плавка ст. 45 Ø 400: макроструктура: точечная неоднородность - балл 1, ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит+феррит, величина зерна - балл 7, ГОСТ 5639-82. Плавка ст. 35 Ø 410: макроструктура: точечная неоднородность - балл 1, ГОСТ 10243-75; микроструктура: перлит+феррит, величина зерна - балл 6, ГОСТ 5635-82.

При выплавке изделий данного типа на печи до и после реконструкции получены следующие результаты.

**Было:** точечная неоднородность 3-4 балл, ликвационные зоны, рыхлота осевая, неметаллические включения в виде скоплений, микроструктура 4-5 балл.

**Стало:** точечная неоднородность – 1 балл, ликваций – нет, рыхлоты – нет, неметаллические включения – разрозненные, не выше 1,5 балл, стабильная микроструктура 6-7 балл.

По результатам анализа центральной заводской лаборатории плавок на ДСВ-20 и реконструированной печи ДППТУ-20 получены следующие результаты:

- отклонения по хим. составу снизились на 35 %
- соответствия механических свойств литой стали увеличились на 35 %
- соответствие требованиям УЗД на всех подвергнутых проверке поковках увеличилось на 15 %, экспортных валов на 45 %;
- возросла стабильность результатов по мех. испытаниям:
  1. разброс снизился на 20 %
  2. сходимость увеличилась на 40 %
- возрос уровень механических свойств на сталях:
  1. 25Л;  $\sigma_B$  – на 5 %;  $\delta$  – на 7 %;  $\alpha_K$  - на 10 %.
  2. 35Л;  $\sigma_T$  – на 9 %;  $\sigma_B$  – на 10 %;  $\delta$  – на 7 %;  $\alpha_K$  - на 15 %.
  3. 45Л;  $\sigma_T$  – на 18 %;  $\sigma_B$  – на 15 %;  $\delta$  – на 11 %;  $\psi$  - на 12 %.
  4. 20ГСЛ;  $\sigma_T$  – на 5 %;  $\sigma_B$  – на 12.
  5. 35 ХМЛ;  $\sigma_B$  – на 14 %.
  6. Ст 20;  $\sigma_T$  – на 8 %;  $\sigma_B$  – на 4 %;  $\delta$  – на 6 %;  $\psi$  - на 9 %.
- 40ХМА;  $\sigma_T$  – на 9 %;  $\sigma_B$  – на 13 %;  $\delta$  – на 20 %;  $\alpha_K$  - на 20 %.
- 40ХН2МА;  $\sigma_T$  – на 11 %;  $\sigma_B$  – на 6 %;  $\delta$  – на 8 %;  $\psi$  - на 4 %;  $\alpha_K$  - на 11 %.
- Несоответствия поковок и отливок по механическим свойствам снились.
  1. Предел текучести на 90 %
  2. Предел точности на 60 %
  3. Относительное удлинение на 45 %
  4. Относительное сужение – без изменений
  5. Ударная вязкость на 80 %

Реконструкция печи ДСВ-20 с переводом на постоянный ток в ДППТУ-20 по технологии ООО «НТФ «ЭКТА» осуществлялась в 2003г. Годовой экономический эффект от перевода печи - около 52 млн. руб., по отдельным маркам стали экономия на 1 т жидкой стали составила 3600 руб. Срок окупаемости - 10 месяцев.

Учетными экономообразующими статьями стали: замена науглероживателя - чугуна передельного на стальной лом и графитированную стружку (~ 12 млн. руб.), разделка шихты (~ 13 млн. руб.), снижение расхода ферросплавов (~ 3 млн. руб.), снижение электроэнергии (~ 2,2 млн. руб.). Структура экономического эффекта показана на рис. 1.

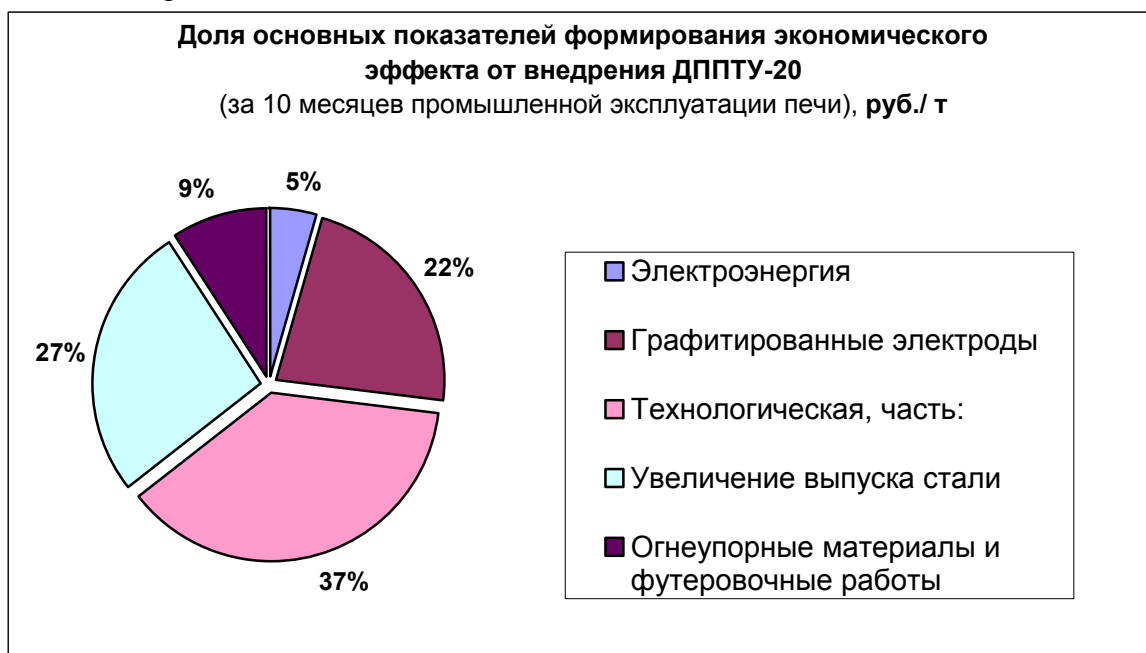


Рис. 1.

Структура полученного экономического эффекта подтверждает то, что даже значительная экономия электроэнергии не может быть главной целью реконструкции. Основой технико-экономических показателей являются стоимость

сырья и материалов. Из диаграммы (рис. 1.) также следует, что установка новых ДППТУ-НП с целью повышения производительности также быстро окупается. В расчет не включена экономия затрат на экологию, которая также является одной из весомых составляющих.

#### ПО "Ижсталь". Реконструкция ДСП-25 в ДППТ-30.

На печи велось массовое производство инструментальной стали Р6М5. В результате реконструкции ДСП-25 в ДППТ-30 уровень пылегазовыбросов снизился в 7-10 раз, уровень шума - до санитарных норм, угар графитированных электродов - до 1,5 кг/т расплава, удельный расход электроэнергии на расплавление (при работе на полной мощности до 12 МВт на расплавление)– 420-435 кВт·ч со временем расплавления 60-70 минут. Основной экономообразующей статьей является снижение расхода материалов плавки, которые составляют, кг/т металла: легированная шихта – 30-40; ферровольфрам – 0,3-0,8; ферромolibден – 0,3; феррохром – 1,5; феррованадий – 4,75. Затраты на реконструкцию печи окупались за 7 месяцев.

#### ОАО "Электросталь". Реконструкция ДС-5МТ в ДППТУ-6.

Печь предназначена для производства высоколегированных сталей и жаропрочных сплавов. Получены обычные для ДППТУ-НП преимущества, на новом техническом уровне ведутся технологии производства высококачественных металлов, проблем с насыщением металла азотом нет. Освоена технология выплавки около 250 марок высоколегированных сталей и сплавов.

### **Производство чугуна**

#### ОАО "Курганмашзавод", ДППТУ-6АГ.

Освоена выплавка чугуна в дуговых печах постоянного и переменного тока. Эффективность выплавки значительно выше в ДППТУ-6АГ, чем в печах переменного тока.

На печи освоено производство синтетического чугуна без применения передельного и литейного чугунов. В печи ведется расплавление 5 т металла с расчетным содержанием углерода в металлической шихте 2,2 %. Науглероживатель – графитовая крошка электродного боя с содержанием углерода 96 % фракции 3-10мм, которая загружается на подину после выпуска предыдущей плавки. Усвоение углерода – 75 %, время расплавления, нагрева, науглероживания и доводки по элементам – 80 минут, расход электроэнергии при работе в две смены с длительными простоями печи – 630 кВт·ч/т. В шихте, передельный литейный чугун заменен стальным ломом 2А по ГОСТ 2787-75. Стоимость такой шихты более чем на 4 тысячи рублей за 1 т ниже стоимости шихты с чушковыми материалами. Остальная шихта – возврат собственного производства.

Окончательный химический состав синтетического чугуна был получен: С- 3,60 %, Мп- 0,96 %, Si – 2,18 %, S-0,027 %, Р- 0,086 %. По содержанию углерода и кремния чугун соответствует марке СЧ15 согласно ГОСТ 1412-85. Однако механические свойства  $\sigma_b=11,0$  кг·с/мм<sup>2</sup>, НВ-229 соответствуют марке СЧ20. Высокие свойства обеспечиваются технологическими возможностями ДППТУ-НП,

На предприятии освоено также производство в ДСП и ДППТУ-6АГ серых чугунов марок от СЧ15 до СЧ30 и высокопрочных чугунов ВЧ40-ВЧ70. Содержание перлита в СЧ30 возрастает с возрастанием марки от П45, Ф55 до П в СЧ30.

Плавка исходного чугуна для ВЧ осуществляется в печи с основной футеровкой. Активные шлаковые процессы и перемешивание расплава обеспечивают содержание серы не более 0,001 %, что позволяет уменьшить расход магниевой лигатуры до 1,0-1,2 %. Заметно возрастают механические свойства. Так чугун с содержанием элементов С-3,58; Si-2,13; Мп-0,68; S-0,007; Р-0,06; Cr-0,17; Ni-0,05 имеет предел прочности 68,0 кг·с/мм<sup>2</sup>, а относительное удлинение 12,0 %.

#### ОАО "ГАЗ", ДППТУ-12.

Печь установлена в сталелитейном цехе, не имеющем средств для производства чугуна. После повышения цен на литейный и передельный чугун печь была сориентирована на производство шихтовой заготовки для вагранок из синтетического чугуна.



Чугун с содержанием углерода до 3,6: получают путем сплавления брикетированных из стальных листов брикетов и коксика в процессе расплавления шихты и нагрева расплава. Длительность плавки – 80 мин, вес плавки -12 т, экономический эффект – 3-4 тыс. руб. на тонну.

ОАО "Костромамотордеталь", ДППТУ-3АГ.

Агрегат состоит из двух печей вместимостью 3 тонны и работает с завалкой поочередно работающих печей весом 5,5 т. Агрегат переплавляет чугунную с СОЖ стружку россыпью. Оборудование впервые обеспечило промышленную переработку стружки без отходов, решив серьезную проблему предприятия с рециклингом чугуна.

Наличие большого количества загрязняющих компонентов СОЖ, песка и др. в стружке не позволяют определить выход годного взвешиванием. Но он может быть оценен сравнением химического состава расплава с ТУ на металл, из которого стружка была получена. Данные сравнения приведены в таблице 5.

Таблица 5

Сравнение химического анализа расплава по основным элементам из стружки с требованиями ТУ

Наименование показателей	C	Si	Mn	S	P
Требования стандартов ТУ, %	3,10-3,30	1,80-2,00	0,30-0,80	≤0,05	0,11
Фактические показатели, %	3,63±0,8	2,28±0,13	0,4±0,04	0,007	0,11

Превышение содержания C, Si, Mn требований ТУ, по-видимому, вызвано восстановлением материалов СОЖ и песка из шлака. Низкое содержание серы является следствием классической десульфурации в ДППТУ-НП.

Экономический эффект работы складывается из разницы цены продажи стружки ~2000 руб./т и стоимости шихты для выплавки чугуна ~12000 руб./т.

### **Плавка сплавов и лигатур на основе алюминия.**

ДППТУ-0,5, «КЭМЗ» (г. Ковров).

ДППТУ-0,5 заменила четыре печи ИАТ-0,4 благодаря высокой производительности. Срок службы набивной футеровки 13-14 лет, свод заменяется через 6-8 месяцев. Сквозной расход электроэнергии на производство литья составлял 2800 кВт.ч/т при применении ИАТ-0,4 и уменьшился до 800 кВт.ч/т после пуска дуговой печи ДППТУ-0,5. Сокращение расхода электроэнергии обеспечено: резким снижением брака при производстве сложных отливок, значительным сокращением расплава алюминия в цикле производства – время плавки в печи 20 минут, отключением оборудования в нерабочее время, низким 310-340 кВт.ч/т расходом электроэнергии непосредственно при плавке в печи.

Плавка в ДППТУ-0,5 обеспечивает высокое качество металла. Так серийно производится сплав АК7ч, который соответствует химическому составу и превосходит по механическим свойствам ГОСТ 1583-93. В литом термообработанном состоянии на отлитых в металлическую форму образцах предел прочности - не менее 216 МПа, относительное удлинение - не менее 2 %, твердость по Бринеллю - не менее 94,9 ВА, при этом содержание кремния колеблется от 6,15 до 7,15 %, магния от 0,25 до 0,4 %, железа от 0,1 до 0,3 % структура отличается повышенной дисперсностью неметаллических включений. Содержание водорода – 0,1-0,2 см<sup>3</sup>/100г металла, а пористость отливок всегда соответствует 1 баллу шкалы пористости по ГОСТ 1589-93.

Высокое качество алюминиевых сплавов можно показать на примере АЛ9. Сплав подвергался четырехкратному переплаву и на последней плавке расплав выдерживался в течение 40 минут (миксерный режим). В процессе переплавов и выдержек химический состав сплава практически не изменился. Металл содержал: Si - 7,1-6,9%; 0,25-0,23 %; Fe – 0,43-0,41 %. После 40 минут выдержки содержание Fe уменьшилось до 0,32 %. Никаких других мер повышения качества металла не принималось. Во всех случаях сплав АЛ9 отвечал требованиям ГОСТ 2685-75 и по механическим свойствам и по химическому составу и отличался повышенной дисперсностью неметаллических включений. В литом состоянии предел прочности

160 МПа (16 кг/мм), относительное удлинение 2 %, твердость по Бринеллю НВ 50. Содержание водорода 0,2-0,4 см<sup>3</sup>/100г металла.

ДППТУ-НП является единственным агрегатом, в котором в процессе расплавления идет интенсивное удаление водорода и неметаллических включений. Быстрое расплавление позволяет при переплаве алюминия, имеющего стальные пределы, получать расплав без насыщения железом. Переплав, всегда сопровождается получением пористости соответствующей 1 баллу шкалы пористости по ГОСТ 1589-93, а содержание водорода, как правило 0,1-0,2 см<sup>3</sup>/100 г металла, в литом состоянии ряда сплавов может достигать максимум 0,4 см<sup>3</sup>/100 г. Это позволяет при гораздо меньших затратах выходить на качественное литье при переработке вторичного алюминия. За счет исключения множества технологических операций, повышения качества сплавов, себестоимость технологического передела снижается: в 5 раз в сравнении с переделом в индукционных печах и в 15 раз в сравнении с переделом в газовых печах; при этом в разы сокращаются потери алюминия.

#### ДППТУ-0,5 для "Aluminium Alloys of Estonia AS".

Печь предназначена для производства сплавов алюминия из вторичного алюминия, в т.ч. стружки, шлака. Вместимость печи доведена до 1 т. Кроме алюминиевых сплавов велось производство лигатур и раскислителей. Задачу облегчала футеровка подины, выполненная из магнезита, которая допускает нагрев расплава до 1720 °С. Осуществляется выпуск лигатур AlSi (10-60); AlFe (10-80); AlTi (5-70); AlSr, AlMn и других. Перед печами ставилась задача сортировки лома и отделения от него стальных пределок, а также глубокого удаления неметаллических включений и водорода в процессе расплавления. После быстрого, продолжительностью 15 минут, расплавления металл должен быть перелит в ковш, в котором проводится химический анализ.

Сплавы имели обычное для ДППТУ-НП высокое качество, расход электроэнергии составлял 350-400 кВт·ч/т, из них на расплавление – 290-310 кВт·ч/т, при переплаве сильно замасленной шихты с применением "горячего" кислорода – 170 кВт·ч/т.

Получаемые сплавы, отлитые в шихтовые заготовки, по химическому составу, механическим свойствам соответствовали требованиям на соответствующие марки, обладали высокой плотностью, содержание водорода во всех исследованных образцах не превышало 0,4 см<sup>3</sup>/100 г, и при наличии оборудования для литья изделий могли бы использоваться для производства литых заготовок высокого качества.

#### ДППТУ-0,5АГ для ОАО "Ступинская металлургическая компания".

На печах освоена выплавка высококачественного алюминиевого сплава АК-7ч для производства литых автомобильных дисков. Промышленная эксплуатация ДППТУ-0,5АГ подтверждает высокие показатели процесса производства качественного литья алюминиевых сплавов.

### **Дуговые миксеры постоянного тока.**

#### ДППТУ-12АГ ОАО "Ярославский моторный завод".

Установлен для нагрева и выдержки чугуна выплавляемого в вагранках. Имеет две механические части, подключенные к одному источнику электропитания мощностью 4,5 МВА. Вместимость механических частей по 12 т, часовая производительность 40 т/ч при нагреве 100°С. Мощность источника электропитания позволяет расплавить металл (в случае его «замерзания») и обеспечивает параллельную работу двух миксеров. Миксер может быть также применен для выплавки стали, сплавов на основе алюминия и меди.

Из приведенных примеров следует.

Оснащение предприятий ДППТУ-НП позволяет не создавать промышленное

производство специальных огнеупоров и не покупать их за рубежом, не создавать промышленную переработку лома с выделением из него наиболее качественных, химически чистых и дорогих, пригодных для выплавки в индукционных печах металлов, не вести термическую или другую обработку металла с целью удаления органики, влаги перед плавкой, не создавать сложную систему внепечной обработки металлов, а вести организацию производства, использующего рядовой, дешевый лом, широко распространенные огнеупоры. По отношению к процессам ЭДП+УПК, использование ДППТУ-НП ставит производства в выгодные условия выполнения киотских соглашений и требований по охране труда, на высоком техническом уровне решить проблемы ресурсо-энергосбережения, создать легко перестраиваемое производство с любым графиком работы, согласовать процессы плавки и производства литья в свободном режиме и обеспечить технологическую универсальность, при этом значительно снизить затраты на основные фонды и на эксплуатацию.

### **Технологическая концепция ДППТУ-НП**

В качестве альтернативы существующему плавильному оборудованию специалистами НТФ "ЭКТА" разработана серия универсальных дуговых печей постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП), на которых освоена плавка стали любых марок, от Ст.3, Ст.40, ХМЛ, 5ХНМ, 4Х5МФС, 110Г13Л, Р5М5, Р18, нержавеющей хромоникелевых сталей, типа 10Х17Н13М3Т, 06Х20Н14С2; азотосодержащих типа 03Х17Г17ДАМБ; безникелевых нержавеющей сталей; штамповых сталей, типа 4Х5Р2ФС; высокохромистых сталей типа 95Х18, специальных сталей и сплавов, типа 14Х20Н25В5МБ-П и других аналогичных; серых чугунов марок от СЧ15 до СЧ30 с возрастанием марки от П45, Ф55 до П в СЧ30, высокопрочных чугунов ВЧ40 – ВЧ70 и др., сплавов на основе алюминия, типа АЛ-9, АК7ч, АК12-18 и др. лигатур на основе алюминия, типа АlSi 20-60, АlMn и др.; раскислителей, типа FeAl20Ti, FeAl30Mn30 и др., сплавов на основе меди, восстановительная плавка никеля, кобальта, марганца и др. Разработаны универсальные миксеры для чугуна, стали, сплавов на основе алюминия, меди.

В основу технологической концепции созданных печей положено условие, при котором они должны вести все классические операции известные из теории металлургических процессов в условиях приближенных к идеальным, т.е. в процессе расплавления и нагрева расплава должны быть подавлены локальные перегревы металла, газообмен печной среды с окружающим пространством, угар материалов плавки. Управляемое перемешивание расплава, температура и химический состав шлака с развитой за счет перемешивания поверхностью взаимодействия шлак-металл, обеспечивает гомогенность химического состава и температуру расплава во все периоды плавки, практическое отсутствие попадания в расплав материалов из источников нагрева, возможность ведения восстановительных и окислительных процессов, подавление насыщения металла газами, в частности азотом или водородом, активное ведение дефосфорации и десульфурации при плавке чугуна и стали, удаление из расплава неметаллических включений и растворенных газов, диспергирование остающихся неметаллических включений, др. процессы. Все это обеспечило высокое качество металла, выплавляемого в наших промышленных печах, что будет показано ниже на конкретных примерах.

Для реализации принятой технологической концепции была разработана универсальная дуговая печь постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП).

В качестве одного из примеров на рис. 2 показана дуговая печь постоянного тока нового поколения ДППТУ-25 (емкость 25 тонн), которая была выполнена путем реконструкции дуговой печи переменного тока емкостью 22 тонны ДСВ-20.



Рис. 2. Дуговая печь постоянного тока нового поколения ДППТУ-25, применяемая для плавки чугуна и стали.

В базовом варианте дуговые печи переменного тока и дуговые печи постоянного тока, разработанные за рубежом, имеют принципиальную схему, показанную на рис.3.

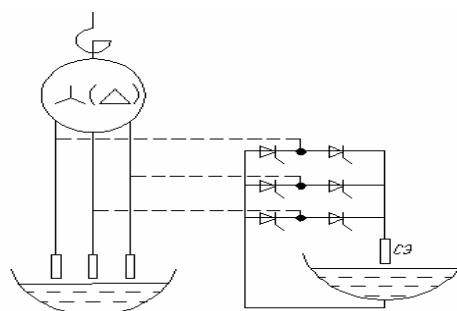


Рис. 3. Принципиальная схема ДСП и дуговой печи постоянного тока зарубежной разработки.

В базовую схему ДСП входит печной трансформатор со ступенями переключения напряжения. На высокой стороне подключается реактор. Фазы трансформатора связаны с электродами дуговой печи переменного тока непосредственно, в дуговых печах постоянного тока зарубежного производства – через управляемый выпрямитель. В процессе плавки есть возможность управления напряжением - путем переключения ступеней напряжения трансформатора и методом стабилизации и управления током дуги - путем изменения длины дуги. В печи постоянного тока зарубежного производства имеется дополнительная возможность управления и стабилизации тока тиристорным регулятором.

В вышеуказанных печах плавка обычно ведется на максимальном токе, определенном параметрами трансформатора.

Данная схема обеспечивает быстрое расплавление шихты в начальный период плавки при высоких значениях тока и напряжения электрических дуг. Затем мощность приходится снижать, т.к. футеровка печей не допускает работу на длинных дугах. Уменьшение напряжения сопровождается снижением вводимой в печь мощности, которая может быть компенсирована только применением тепла химических реакций, получаемого за счет использования различных видов горелок, кислорода и других методов. В современных печах для защиты футеровки используют дуги, затопленные во вспененном шлаке. Проблема перемешивания расплава и передачи энергии в расплав решается путем продувки расплава кислородом или другими газами. В противном случае, доплавление шихты и нагрев расплава ведутся на пониженной мощности, и печь обладает малой производительностью. Все приемы форсирования плавки теплом химических реакций приводят к высокому (9-12 %) угару шихты и мощной нагрузке на систему пылегазоудаления.

**Ключевые конкурентные преимущества ДППТУ-НП и ДМППТУ базируются на системе патентных решений.**

Система патентных решений разделяется на 3 части:

1) Организация реализации эффективного расплавления шихты с минимальными угарами шихты и пылегазовыбросами, подавление образования токсических загрязнений в печных газах (диоксинов, фуранов, цианидов и др.), что позволяет вести не только активное расплавление шихты, но и в его ходе решать вопросы очистки шихты от органических и других загрязнений, устраняя необходимость создания специальных производств шихтоподготовки. В ДППТУ-НП вопросы очистки шихты решаются более эффективно, чем в известных системах шихтоподготовки. Реализация базируется на идеях действующего патента № 2104450 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 4 января 1995 г.

2) Организация оптимизации технологического процесса плавки. Базируется на идее действующих патентов: № 2048662 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 31 марта 1992 г. и № 2104450 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 4 января 1995 г.

В этих изобретениях запатентована принципиально новая управляемая система магнитодинамического перемешивания расплавов металла и шлака, позволяющая обеспечить однородную температуру и хим.состав расплавов металла и шлака, а также развитую эффективную поверхность взаимодействия металла и шлака между собой, устранение локальных перегревов расплава под дугой, эффективный теплоперенос из дуги в расплав.

3) В следующих изобретениях запатентованы технические решения, обеспечивающие надежную работу печной установки.

В частности, в патенте № 2285356 «Подовый электрод электропечи от 21 июня 2004 г.» и № 2112187 «Подовый электрод электропечи от 13 марта 1996 г.» защищен основной, главный элемент дуговой печи постоянного тока - подовый электрод.

В патентах: № 2295576 «Способ плавки металла в дуговой печи постоянного тока» от 04 ноября 2004 г.; № 21090773 «Способ плавки металла в дуговой печи постоянного тока» от 12 апреля 1996 г.; № 2104450 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 4 января 1995 г.; № 2048662 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 31 марта 1992 г. защищены технологические приемы, обеспечивающие надежную работу подовых электродов.

В изобретении № 2045826 «Дуговая печь постоянного тока» от 30 апреля 1993 г. запатентована система защиты металлоконструкций печи от воздействия «паразитных» дуг, являющихся главной причиной разрушения элементов свода и корпуса печи при горении дуги постоянного тока.

**По п.1.**

В отличие от ДСП и ППТ, источник питания ДППТУ-НП разработанный в соответствии с патентом № 2104450 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 4 января 1995 г. (рис. 4) включает в себя трансформатор с несколькими трехфазными обмотками, каждая из которых подключена к секции тиристорного преобразователя. Через реакторы секции тиристорного преобразователя подключены к подовым электродам. В отличие от аналогии с автомобилем начала прошлого века, ДППТУ-НП оснащена не только «регулятором газа»- ступенчатым переключателем напряжения, но и «автоматической коробкой передач» – системой переключения секций тиристорного преобразователя.

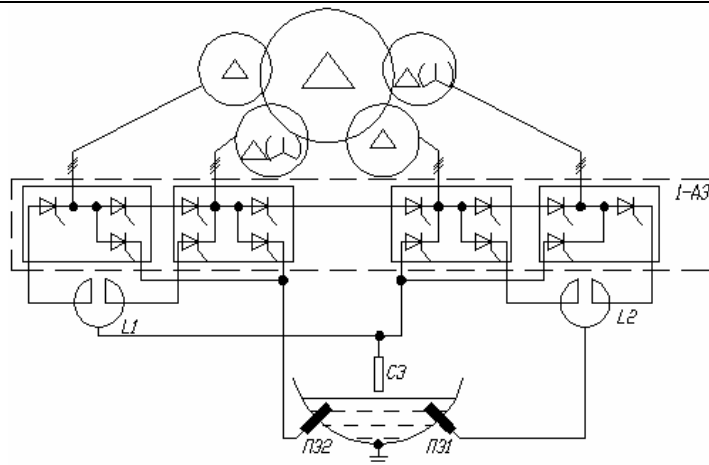


Рис. 4. Принципиальная схема источника питания ДПТУ-НП.

На источнике питания (рис.4) начало плавления ведется с последовательно включенными секциями тиристорного преобразователя (рис.5.) на пониженном токе и высоком напряжении, при включенном одном подовом электроде печи.

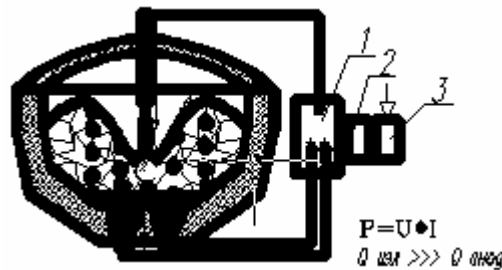


Рис. 5. Коммутация ИП для расплавления шихты в течение первого периода плавки. 1 – Источник питания. 2 – Регулятор тока. 3 – Блок управления перемешиванием расплава.

В этот период плавка ведется на длинной дуге, и ее анодное пятно располагается на кусках металлической шихты. В этих условиях достигаются главные цели:

1. Не допускается перегрев расплава, т.к. расплавленные капли металла, нагреваясь, преодолевают силу поверхностного натяжения и стекают на подину печи.
2. Плавка ведется на стабилизируемой мощности практически без колебаний электрического режима.

Если первый период плавки ведется при последовательной коммутации секций тиристорного преобразователя, второй – при подключении: по две секции - параллельно и между собой – последовательно; третий – при параллельном включении всех секций тиристорного преобразователя (рис.6). При этом ток дуги удваивается, а напряжение в два раза снижается, затем, ток дуги еще раз удваивается при соответствующем снижении напряжения т.е. сохраняется мощность первого периода плавки.

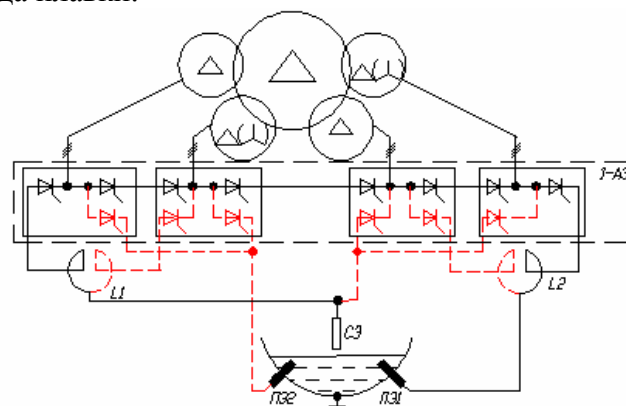


Рис. 6. Последовательное включение преобразовательных мостов для ведения второго периода плавки.

Выше отмечалось, что для организации и ускорения процесса плавки в ДППТУ-НП не применяются вспененный шлак, любые виды химических топлив и кислород. Это обеспечивает выполнение Киотских соглашений при минимальных затратах на систему пылегазоудаления и очистки.

На угар шихты в значительной мере играет газообмен печной среды с окружающим воздухом. Газообмен прямо связан с уровнем стабилизации электрического режима дуги. На рис. 7 показаны результаты экспериментов, в которых выявлялось содержание азота, поступающего из воздуха в печную среду, в соотношении с газами, выделяемыми из металла в процессе ведения технологического процесса, и подаваемого в печь аргона, формирующего печную среду.

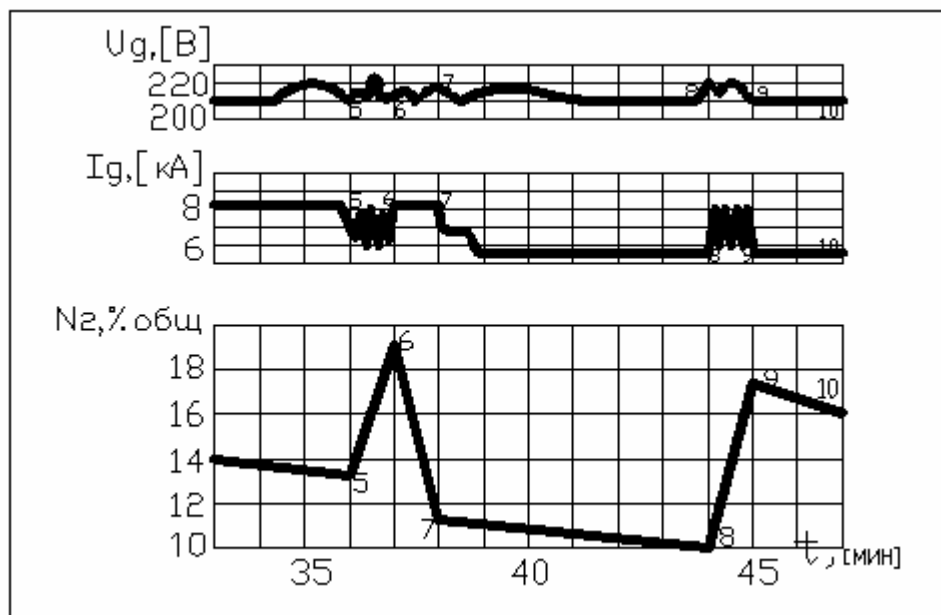


Рис. 7. Зависимость содержания азота в атмосфере печи от колебаний тока дуги.

Колебания тока дуги, которые в ДППТУ-НП легко организовать, принудительно вызывают повышение содержания азота в атмосфере печи, поступающего из воздуха, причем, его содержание не зависит от направления колебаний тока вверх или вниз от среднего значения тока. В соответствии с уравнением  $PV=nRT$ , при постоянном объеме печи ( $V$ ), давление в печи ( $P$ ) является функцией температуры ( $T$ ) газа внутри печи. При колебаниях электрического режима происходит изменение температуры газов печной среды, и печные газы выбрасываются из печного пространства или засасываются в него. Этот режим характерен для ДСП и дуговых печей постоянного тока зарубежного производства, и устранен в ДППТУ-НП специальными, описанными выше, режимами плавки. Подавление газообмена позволило не осуществлять принудительной эвакуации газов из печи, резко снизить окисление металла поступающим в печь из воздуха кислородом, предотвратить насыщение металла азотом и кислородом. Также обеспечивается плавка в атмосфере газов, выделяемых из расплава, которые при плавке стали содержат большое количество  $CO$ . При необходимости, атмосферой печи можно управлять, подавая в нее принудительно любые необходимые для ведения технологии газы.

Электрическая дуга постоянного тока является мощным насосом, прокачивающим через себя печные газы. При этом, температура печных газов внутри печи достигает высоких значений, превышающих  $1000$  °С. При таких температурах невозможно образование диоксинов, фуранов, цианидов, других вредных соединений. В первый период плавки органические и другие, загрязняющие шихту материалы, испаряются, нагреваются внутри печи до высокой температуры, а при выходе из печи - воспламеняются и окисляются до простых соединений. Небольшое количество

образующихся газов и организованный интенсивный поток воздуха в отходящий из печи поток печных газов, обеспечивает высокую скорость горения печных газов и быстрое их охлаждение до температуры, как правило, ниже 100° С, т.е. обеспечиваются наилучшие условия для предотвращения образования вредных химических соединений. Система организации плавки гарантирует удаление вредных соединений из шихты, позволяет не вести подготовку загрязненной шихты перед плавкой. Эти условия невозможно выполнить в других печах.

Во многих случаях ДППТУ-НП можно не оснащать системой пылегазоочистки. Это позволяет для ДСП вместо строительства дорогостоящей системы пылегазоочистки провести реконструкцию печи переменного тока с переводом на постоянный ток.

В таблице 6 приведены результаты замеров выбросов установки ДППТУ-6АГ, которая была создана методом реконструкции ДСП-6, при плавке стали 110Г13Л, из чего следует, что поставленная задача была решена.

Таблица 6

Выбросы, г/с		ПДВ, г/с
Пыль	0,3301	0,9853
В т.ч. Mn	0,0266	0,1486

Резкое уменьшение пылегазовых выбросов отмечено на всех печах, введенных в производство НТФ «ЭКТА». Это является одним из главных достоинств ДППТУ-НП.

Для условий России важно то, что ДППТУ-НП работают с полным сливом расплава, что делает безопасным использование влажной шихты.

#### **По п.2.**

Организация оптимизации технологического процесса плавки. Базируется на идее действующих патентов: № 2048662 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 31 марта 1992 г. и № 2104450 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 4 января 1995 г.

Для перемешивания накопленного в первый период расплава подключается второй подовый электрод. Анодное пятно дуги располагается на расплаве, накопленном при проведении первого периода, внутри воронки, проплавленной в шихте ранее. Для отвода мощности от анодного пятна расплава включается система перемешивания расплава. Согласно изобретению, перемешивание организовано следующим образом. При установленных в подине печи двух подовых электродах, смещенных относительно центра печи, вектор тока внутри расплава имеет горизонтальную и вертикальную составляющие. Взаимодействие вертикальной и радиальной составляющих тока с магнитным полем тока формирует поток расплава, при котором металл с большой скоростью набегаем под пятно дуги и уходит вглубь расплава. По подобному типу формируется и горизонтальное перемешивание расплава. Это перемешивание идеально для передачи энергии дуги в расплав и для футеровки печи, поскольку вблизи футеровки печи скорость перемешивания металла минимальна. Однако с течением времени характер перемешивания металла изменяется, в расплаве появляются вихревые потоки, а движение основной массы металла прекращается. Для предотвращения этого явления и управления скоростью и формой перемешивания металла регулятором тока тиристорного преобразователя, время от времени проводится кратковременное снижение тока, при котором вихревые потоки разрушаются, и восстанавливается регулярное перемешивание расплава. Перемешивание расплава не допускает локального перегрева металла под дугой, а образовавшаяся в течение первого периода воронка в шихте позволяет поддерживать высокую стабильность вводимой мощности.

Во второй период плавки ведется расплавление основной массы шихты.



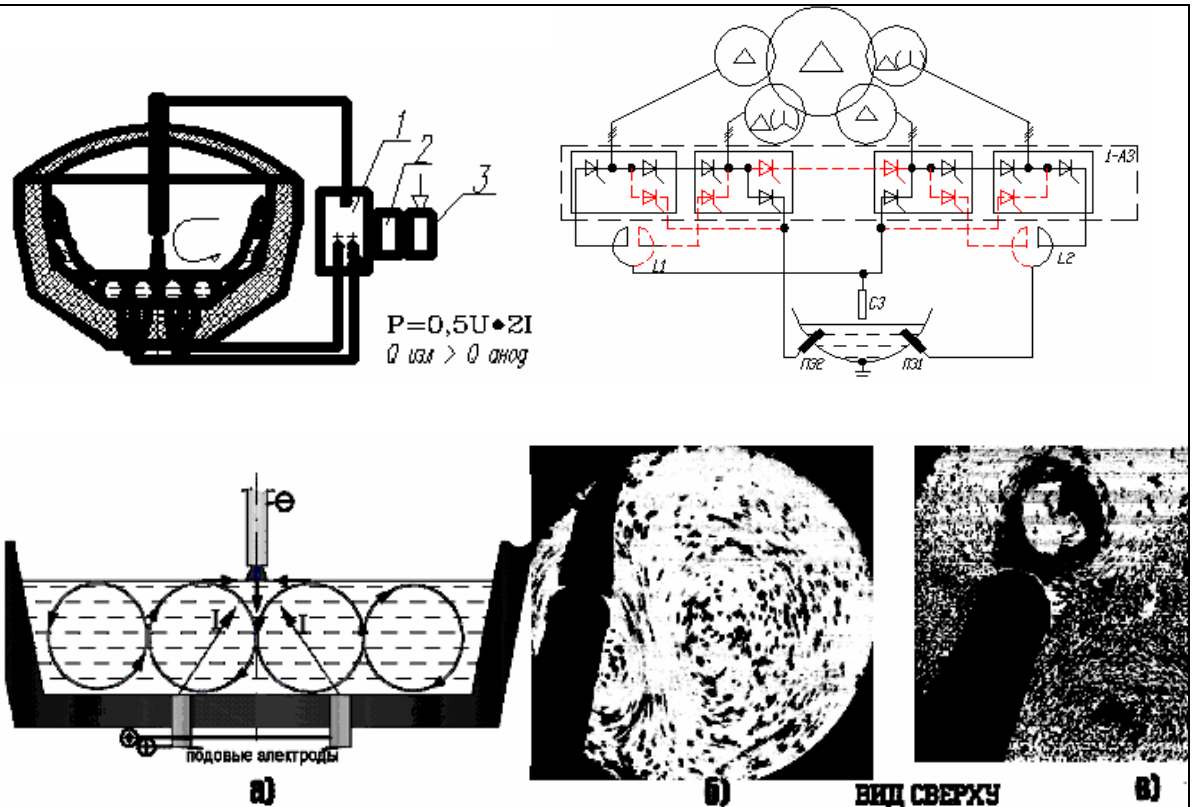


Рис.8. Коммутация ИП для расплавления шихты в течение второго периода плавки.  
 1 – Источник питания. 2 – Регулятор тока. 3 – Блок управления перемешиванием расплава.  
 а) тороидальное перемешивание расплава; б) регулярное перемешивание расплава;  
 в) искаженная система перемешивания с вихревыми потоками.

После расплавления основной массы шихты источник питания переключается для ведения третьего периода плавки (рис.9). Для этого, в соответствии с изобретениями, все секции тиристорного преобразователя включаются параллельно.

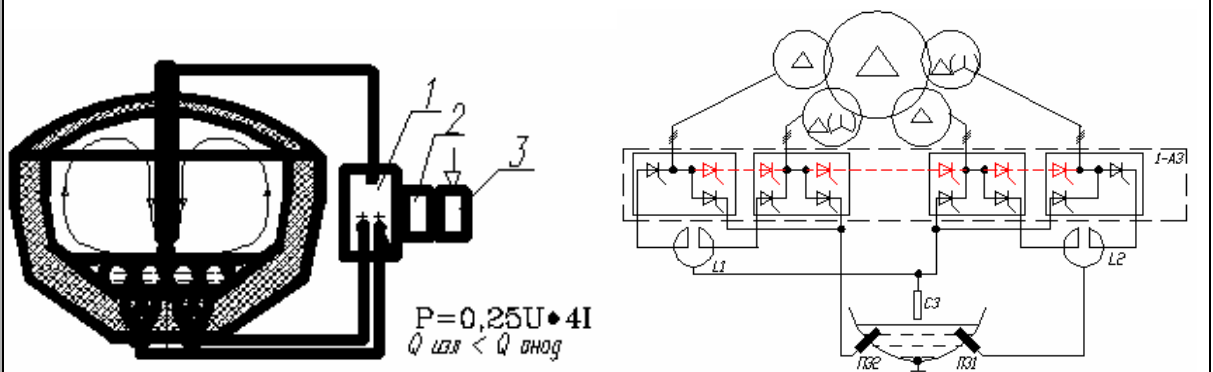


Рис.9. Коммутация ИП для нагрева расплава и проведения технологических процедур.  
 1 – Источник питания. 2 – Регулятор тока. 3 – Блок управления перемешиванием расплава.

В третьем периоде ток увеличивают в два раза - по сравнению со вторым периодом и в четыре раза - по сравнению с первым периодом плавки, а напряжение источника питания пропорционально увеличению тока снижается, т.е. вся плавка ведется при постоянной мощности с полным использованием силовых возможностей трансформатора.

Увеличение тока приводит к увеличению интенсивности перемешивания расплава, а энергия дуги перераспределяется. В отличие от первого и второго периодов, в которых основная доля энергии излучалась на шихту, доля энергии третьего периода (до 80-90 %) передается непосредственно в расплав, а система перемешивания переносит её вглубь расплава. Это позволяет отказаться от применения вспененного шлака, кислорода и других газов, используемых в ДСП и дуговых печах постоянного тока зарубежного производства для ускорения расплавления.

В ДПШТУ-НП за счет перемешивания расплава достигаются большая

эффективная площадь взаимодействия системы шлак-расплав, идеальная гомогенность температуры и химического состава расплава, быстрое растворение и высокое усвоение легирующих элементов, интенсивная скорость ведения технологических процессов: десульфурации, дефосфорации, науглероживания, обезуглероживания расплава, удаление неметаллических включений, дегазация расплава; минимальный удельный расход электроэнергии, сокращается угар шихты, гарантируется высокое качество металла.

Разработанная система плавки способствует, например, глубокому удалению водорода из алюминиевых сплавов. Результатом явились те показатели, которые были достигнуты на ДППТУ-НП. Организация передачи энергии из дуги в расплав обеспечивает минимальный расход электроэнергии на расплавление металла и, проведение технологических процессов обработки расплава. Для малых печей, с целью реализации идей патентов разработана принципиальная схема источника питания, при котором трансформатор имеет одну высоковольтную и, по крайней мере, две низковольтные обмотки. Высоковольтная обмотка обеспечивает ведение первого периода плавки, низковольтные – второго и третьего. При этом, соотношение тока и напряжения дуги первого, второго и третьего периодов может быть произвольным.

Новые возможности печей, базирующиеся на изобретениях, позволили резко расширить область их применения и освоить технологии, некоторые из которых ранее на дуговых печах реализовать было невозможно, например, выплавку алюминиевых сплавов для производства качественного литья.

Разработанные приемы позволили создать дуговые миксеры постоянного тока, в которых возможно вести накопление и выдержку расплава различных металлов и сплавов, включая любые марки стали, доведение химического состава до заданного значения, технологическую обработку расплава, управление его температурой, дозированную раздачу металла. Кроме ДМПТУ производства ООО «НТФ «ЭКТА» такими широкими возможностями все другие существующие типы миксеров не обладают.

### **По п.3.**

В следующих изобретениях запатентованы технические решения, обеспечивающие надежную работу печной установки.

Основой механической части ДППТУ-НП является механическая часть ДСП с небольшими конструктивными изменениями. Подина печи футеруется обычными, разработанными для ДСП, основными, кислыми и другими огнеупорами. Часть кожуха, охватывающая подину печи, не имеет охлаждаемых элементов. Стены и свод печи могут быть охлаждаемыми, но при этом, водоохлаждаемые узлы всегда расположены над расплавом, и их разрушение не приводит к взрывам.

Особо следует остановиться на конструкции подового электрода.

Подовые электроды размещают внутри футеровки подины печи и обеспечивают подвод тока от источника питания к металлу. В процессе длительной промышленной эксплуатации применялись различные типы подовых электродов, но наилучшим, применяемым в ДППТУ-НП вариантом, явилась конструкция подового электрода. В конструкции подового электрода решены вопросы организации его производства, ремонта, надежности в эксплуатации, взрывобезопасности. Схема подового электрода представлена на рис. 10.

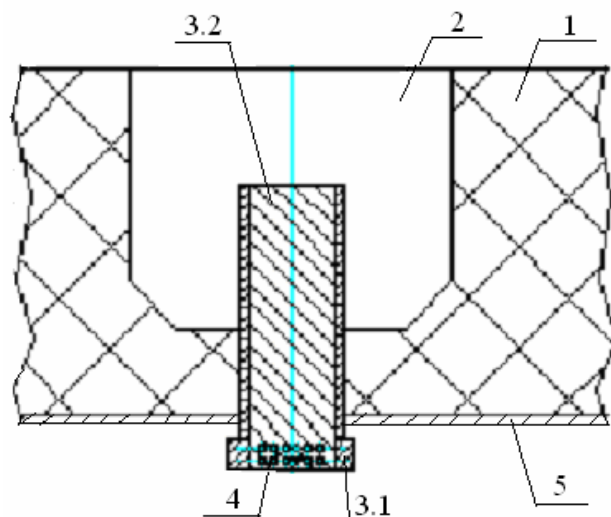


Рис.10. Подовый электрод ДППТ-НП.

1 – футеровка; 2 – подовый электрод (стальные листы); 3 – база подового электрода; 3.1. – стальная труба; 3.2. – медный стержень; 4 – узел охлаждения; 5 – корпус печи.

Подовый электрод представляет собой стальные листы, проходящие через подину печи. Стальные листы приварены к базе подового электрода, состоящей из стальной трубы, внутренняя часть которой методом ЭШП заполнена медью. База размещена в нижней части футеровки вдали от её рабочей поверхности. Под корпусом печи выполнены каналы охлаждения. Внутри базы размещены датчики контроля температуры.

Конструкция взрывобезопасна, поскольку каналы охлаждения вынесены за пределы печи и состояние подового электрода непрерывно контролируется. При замене футеровки стальная часть подового электрода обрезается, и к ней приваривается новая. Сварка между стальными листами и базой легко осуществима, т.к. и то, и другое выполнено из однородного материала. Надежный контакт меди и стали обеспечен технологией электрошлакового литья. Для гарантированно длительной работы подового электрода и контакта подового электрода с шихтой, организации полного слива расплава, нами разработаны и запатентованы ряд приемов.

В частности, в изобретениях: № 2104450 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 4 января 1995 г.; и № 2048662 «Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления» от 31 марта 1992 г. запатентована возможность подавления вихревых потоков расплава над подовыми электродами, устраняющая экстремальные тепловые потоки на подовые электроды.

В изобретениях: № 21090773 «Способ плавки металла в дуговой печи постоянного тока» от 12 апреля 1996 г. и № 2295576 «Способ плавки металла в дуговой печи постоянного тока» от 04 ноября 2004 г. запатентованы специальные методы, гарантирующие реализацию надежного электрического контакта между подовыми электродами и шихтой, ликвидирующие возможность загорания электрических дуг между шихтой и подовыми электродами. Электрические дуги между шихтой и подовыми электродами, если с ними не бороться, при их возникновении разрушают подовые электроды и футеровку подины печи.

В изобретении № 2045826 «Дуговая печь постоянного тока» от 30 апреля 1993 г. запатентована система защиты металлоконструкций печи от воздействия «паразитных» дуг, являющихся главной причиной разрушения элементов свода и корпуса печи при горении дуги постоянного тока. Паразитные дуги - это дуги, возникающие вследствие электропроводности атмосферы параллельно основной дуге между графитированным электродом (катодом) и металлоконструкцией печи: кожухом печи, водоохлаждаемыми экономайзером и сводом, другими элементами печи. Анодные пятна, располагаясь на металлических частях печи, быстро разрушают их. Изобретение позволяет диагностировать наличие паразитных дуг и в

<p>8. Правовая защищенность объектов интеллектуальной собственности (наличие охранного документа, № патентов, дата выдачи документов)</p>	<p>автоматическом режиме вести их подавление.</p> <p>ДППТУ-НП и ДМПТУ защищены патентами.</p> <p>Перечень патентов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Патент РФ № 2048662. Малиновский В.С., Чудновский А.Ю., Липовецкий М.М. Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления.</li> <li>2. Патент РФ № 2104450. Малиновский В.С. Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления, 04.01.1995 г.</li> <li>3. Патент РФ № 2112187. Малиновский В.С. Подовый электрод электропечи, 13.03.1996 г.</li> <li>4. Патент РФ № 2045826. Малиновский В.С. Дуговая печь постоянного тока, 30.04.1993 г.</li> <li>5. Патент РФ № 2295576. Малиновский В.С. Способ плавки металла в дуговой печи постоянного тока, 04.11.2004 г.</li> <li>6. Патент РФ № 1464639. Малиновский В.С. Дуговая печь постоянного тока, 17.10.1986 г.</li> <li>7. Патент РФ № 21090773. Малиновский В.С. Способ плавки металлов в дуговой печи постоянного тока, 12.04.1996 г.</li> <li>8. Патент РФ № 2285356. Малиновский В.С. Подовый электрод, 21.06.2004 г.</li> </ol>
<p>9. Наличие сертификатов на системы качества (№ сертификата, дата выдачи)</p>	<p>ДППТУ-НП и ДМПТУ сертифицированы, имеют РАЗРЕШЕНИЕ на применение:</p> <p>1) Сертификаты:  ДППТУ-НП - № РОСС RU.ТЧ02.В01918 от 29.06.2006  ДМПТУ-НП - № РОСС RU.ТЧ02.В02019 от 13.12.2006</p> <p>2) РАЗРЕШЕНИЕ на применение - № РРС 00-21598 от 14.07.2006</p>
<p>10. Оценка рынка</p>	<p>Настоящее инновационное предложение направлено на создание новых современных предприятий, в составе которых действует литейное производство или мини металлургический комплекс, а также на замену морально и физически устаревшего плавильного оборудования на этих предприятиях, то есть касается практически каждого металлургического и машиностроительного предприятия России.</p> <p>Сегодня выбор комплектующего плавильного оборудования, к сожалению, глобально зависит от политики и давления зарубежных маркетинговых систем, в создание которых вложены значительные материальные средства. Интересы поставщиков массового оборудования (ABB, Indaktorterm, Даниэли, Фест Альпине и других) сосредоточены на решение цели – продажу оборудования, производство которого ими достаточно хорошо освоено, в его создание вложены очень серьезные финансовые средства. При этом, интересы Поставщиков и Заказчиков в конечном итоге могут не совпадать. Это оборудование поставляется практически во все страны мира, и на его базе невозможно создать высоко конкурентное отечественное производство.</p> <p>ДППТУ-НП является продуктом вложения огромных финансовых средств в развитие науки для печестроения, которые ранее осуществлялись в СССР, и позволили, например, создать плазменные печи, не имеющие мировых аналогов. Эти разработки явились базисом при создании нового направления – печей ДППТУ-НП, которые реализуют все основные характеристики и возможности плазменных печей, в значительной мере их расширив. Результатом работы явилось создание оборудования, которое по всем основным показателям превышает уровень современных плавильных печей.</p> <p>В связи с современной тенденцией подъема отечественного машиностроения наше предложение по внедрению дуговых печей постоянного тока нового поколения (ДППТУ-НП) производства ООО «НТФ «ЭКТА» является особо актуальным и не зря выводит себя на передовой уровень в мире, так как именно ДППТУ-НП, по сравнению с любыми другими плавильными печами (установками), влияет не только на серьезное снижение себестоимости выплавляемых металлов и сплавов, а значительно повышает их качественный уровень, кардинально улучшает экологию процессов, взрывобезопасно, приводит к значительной экономии энергетических и сырьевых ресурсов и т.д. (все преимущества подробно изложены выше в п.7).</p> <p>Мы не проводили специальных маркетинговых исследований. Но, оценивая</p>

	<p>сегодняшние обращения на НТФ «ЭКТА» с запросами на поставку оборудования ДППТУ-НП, можно с уверенностью сказать, что основная масса всех машиностроительных предприятий могли бы стать потенциальными Заказчиками нашего оборудования, в том числе еще и потому, что оно, в наибольшей мере, позволяет вести производство высококачественного металла независимо от качества сырьевой базы.</p>
11. Структура привлеченных финансовых ресурсов (бюджетные, внебюджетные, собственные средства в %)	<p>Широкому развитию направления ДППТУ-НП мешает отсутствие бюджетных, внебюджетных и собственных финансовых средств. Все работы выполняются по мере поступления заказов от конкретных Заказчиков, оценивших перспективность наших работ.</p>
12. Схема коммерциализации разработки / проекта (передача технологии, создание производства, др.) Экономическая эффективность	<p>В состав работ ООО «НТФ «ЭКТА» входят: разработка технических требований к комплектующему оборудованию наших соисполнителей, разработка проекта, передача технологий, реализующих технологические возможности ДППТУ-НП на предприятиях Заказчиков, поставка оборудования Заказчикам, проведение шеф-монтажных и пуско-наладочных работ, оказание помощи в освоении технологий.</p> <p>Экономическая эффективность определена в ходе промышленной эксплуатации печей ДППТУ-НП на различных предприятиях.</p> <p>Как правило, окупаемость затрат не превышает 12 месяцев. Для примера, при реконструкции ДСВ-20 на ОАО «Тяжпрессмаш» (г.Рязань): затраты составили 40 млн.руб., посчитанный за 10 месяцев эксплуатации новой печи ДППТУ-20 составил 52 млн. руб. (без учета эффекта, связанного с принципиальным улучшением экологии производства). Подобные экономические результаты получены на всех предприятиях, где были внедрены наши печи и миксеры.</p>
13. Основные временные и стоимостные характеристики инновационной разработки/ проекта/продукции	<p>Разработка полностью готова к применению и может поставляться Заказчикам. ДППТУ-НП вместимостью от 0,5 до 1,5 тонны могут быть поставлены Заказчикам в течение 6-ти месяцев с момента начала финансирования. Стоимость базовой комплектации оборудования: ДППТУ-0,5= 20 млн.руб.; ДППТУ-1,5=25,5 млн.руб. В агрегатном исполнении (один источник питания и две плавильные емкости) стоимость оборудования увеличивается на 30%.</p> <p>Срок поставки ДППТУ-НП вместимостью от 3-х до 50 тонн – от 9-ти до 12-ти месяцев с момента начала финансирования. Стоимость базовой комплектации оборудования: ДППТУ-3= 29 млн.руб.; ДППТУ-6=56 млн.руб.; ДППТУ-12 =97 млн.руб.; ДППТУ-25 и ДППТУ-50 =стоимость договорная, зависит от комплектации и технологического назначения.</p> <p>Срок поставки миксеров ДМПТУ-12 – ДМПТУ-100 – от 6ти до 12-ти месяцев. Стоимость оборудования – договорная, зависит от комплектации и технологического назначения.</p>
14. Финансовый прогноз (стоимость затрат на разработку)	<p>Базовые разработки оборудования завершены. Ориентировочные затраты на разработку обновленных серий порядка 100 – 300 млн. руб.</p>
15. Технологии продвижения инновационной разработки/ проекта на рынок	<p>Организация расширенного маркетинга.</p>
16. Экологическая безопасность	<p style="text-align: center;"><b>Энерготехнологии ДППТ-НП и экология</b></p> <p>Выше отмечалось, что для организации и ускорения процесса плавки в ДППТУ-НП не применяются вспененный шлак, любые виды химических топлив и кислород. Это обеспечивает выполнение Киотских соглашений при минимальных затратах на систему пылегазоудаления и очистки.</p> <p>На угар шихты в значительной мере играет газообмен печной среды с окружающим воздухом. Газообмен прямо связан с уровнем стабилизации электрического режима дуги. На рис. 1 показаны результаты экспериментов, в которых выявлялось содержание азота, поступающего из воздуха в печную среду, в соотношении с газами, выделяемыми из металла в процессе ведения технологического процесса, и подаваемого в печь аргона, формирующего печную среду.</p>

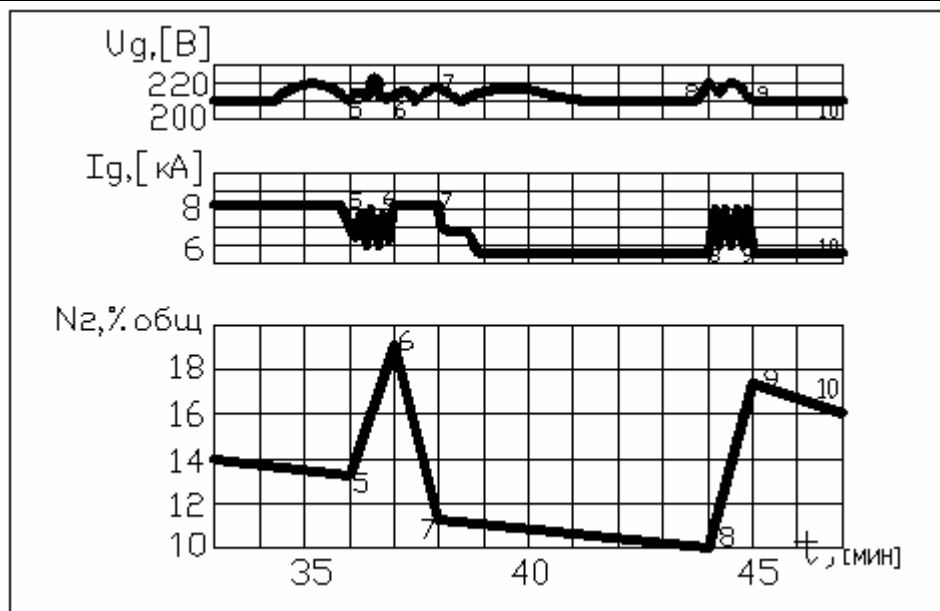


Рис. 1. Зависимость содержания азота в атмосфере печи от колебаний тока дуги.

Колебания тока дуги, которые в ДППТУ-НП легко организовать, принудительно вызывают повышение содержания азота в атмосфере печи, поступающего из воздуха, причем, его содержание не зависит от направления колебаний тока вверх или вниз от среднего значения тока. В соответствии с уравнением  $PV=nRT$ , при постоянном объеме печи ( $V$ ), давление в печи ( $P$ ) является функцией температуры ( $T$ ) газа внутри печи. При колебаниях электрического режима происходит изменение температуры газов печной среды, и печные газы выбрасываются из печного пространства или засасываются в него. Этот режим характерен для ДСП и дуговых печей постоянного тока зарубежного производства, и устранен в ДППТУ-НП специальными, описанными выше, режимами плавки. Подавление газообмена позволило не осуществлять принудительной эвакуации газов из печи, резко снизить окисление металла поступающим в печь из воздуха кислородом, предотвратить насыщение металла азотом и кислородом. Также обеспечивается плавка в атмосфере газов, выделяемых из расплава, которые при плавке стали содержат большое количество  $CO$ . При необходимости, атмосферой печи можно управлять, подавая в нее принудительно любые необходимые для ведения технологии газы.

Электрическая дуга постоянного тока является мощным насосом, прокачивающим через себя печные газы. При этом, температура печных газов внутри печи достигает высоких значений, превышающих  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При таких температурах невозможно образование диоксинов, фуранов, цианидов, других вредных соединений. В первый период плавки органические и другие, загрязняющие шихту материалы, испаряются, нагреваются внутри печи до высокой температуры, а при выходе из печи - воспламеняются и окисляются до простых соединений. Небольшое количество образующихся газов и организованный интенсивный поток воздуха в отходящий из печи поток печных газов, обеспечивает высокую скорость горения печных газов и быстрое их охлаждение до температуры, как правило, ниже  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , т.е. обеспечиваются наилучшие условия для предотвращения образования вредных химических соединений. Система организации плавки гарантирует удаление вредных соединений из шихты, позволяет не вести подготовку загрязненной шихты перед плавкой. Эти условия невозможно выполнить в других печах.

Во многих случаях ДППТУ-НП можно не оснащать системой пылегазоочистки. Это позволяет для ДСП вместо строительства дорогостоящей системы пылегазоочистки провести реконструкцию печи переменного тока с переводом на постоянный ток.

В таблице 1 приведены результаты замеров выбросов установки ДППТУ-6АГ, которая была создана методом реконструкции ДСП-6, при плавке стали 110Г13Л, из чего следует, что поставленная задача была решена.

Табл. 1

Выбросы, г/с		ПДВ, г/с
Пыль	0,3301	0,9853
В т.ч. Мп	0,0266	0,1486

Резкое уменьшение пылегазовыбросов отмечено на всех печах, введенных в производство НТФ «ЭКТА». Это является одним из главных достоинств ДППТУ-НП.

Для условий России важно то, что ДППТУ-НП работают с полным сливом расплава, что делает безопасным использование влажной шихты.

17. Социальная значимость (содействие занятости, улучшение качества жизни)

Серии ДППТУ-НП и ДМПТУ, обладающие минимальными пылегазовыбросами с практическим отсутствием вредных составляющих в них, позволяют сохранять литейно-металлургическое производство внутри населенных пунктов, с жесткими требованиями по экологии, снимая вопрос выведения этих производств за черту жилых зон, что в конечном итоге обеспечивает традиционную занятость населения.