



Способ безотходной переработки балластной фракции твердых коммунальных отходов в синтез-газ в расплаве металла с получением композиционных строительных материалов

Государственный контракт с Федеральным агентством по науке и инновациям № 02.515.11.5021 от 26.04.2007 г.

*Систер В.Г., член-корр. РАН, д.т.н., проф.,
Московский государственный университет
инженерной экологии*

*Коробцев С.В., к.ф.-м.н.,
Институт водородной энергетики и плазменных технологий ФГУ РНЦ
«Курчатовский институт»*

Усредненный состав твердых коммунальных отходов после предварительной сортировки

<i>Компонент</i>	<i>масс. %</i>
Отходы, окисляемые до газообразных продуктов	
Макулатура	32,3
Пищевые отходы	32,3
Полимерные материалы	8,6
Текстиль, дерево, кожа, резина	8,5
Металл черный и цветной	2,1
Неокисляемые (негорючие) материалы	
Стекло	4,6
Керамика, камни	0,9
Отсев	9,6
Прочее	1,1

Методы высокотемпературной переработки ОТХОДОВ

- Сжигание;
- Пиролиз без доступа воздуха;
- Газификация с применением окислителей.

Цель НИР - проведение исследований газификации твердых коммунальных отходов в слое расплавленного металла с получением синтез-газа, состоящего в основном из CO и H₂, а также получением из негорючей балластной фракции полупродуктов для производства строительных композиционных материалов

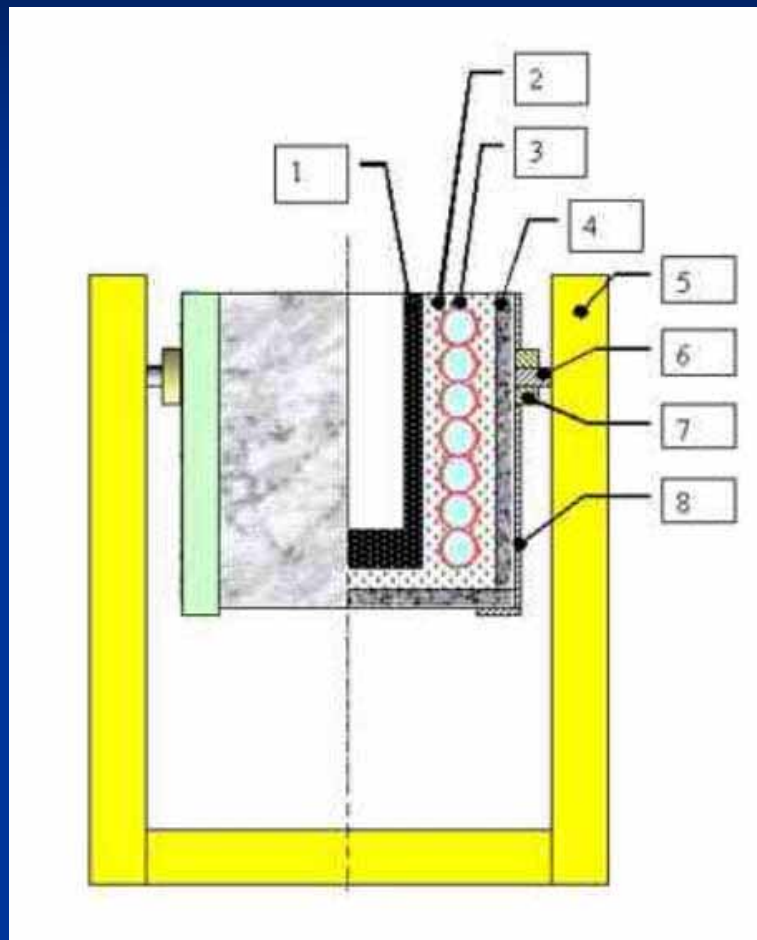
При переработке твердых коммунальных отходов в слое расплавленного металла газификация, биологическое обеззараживание отходов, разделение горючей и негорючей составляющих, связывание и витрификация негорючей компоненты, а также очистка получаемого газа от соединений серы и других вредных примесей осуществляется в одну стадию.

Продуктом газификации ТКО является преимущественно синтез-газ (до 99% смеси CO и H₂).

Балластная (неокисляемая) фракция ТКО всплывает на поверхность расплавленного металла и выводится из печи в расплавленном виде, пригодном для дальнейшей переработки без транспортировки.

1. Газификация углеродсодержащей части твердых КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Индукционная печь для газификации



1 – тигель; 2 – футеровка; 3 – индуктор; 4 – коробка;
5 – рама; 6 – ось; 7 – шарнир; 8 – уголок

Основные стадии процесса высокотемпературной переработки ТКО

1. Химическое растворение
кислородосодержащего газа в расплаве железа
с образованием окислов железа:



2. Пиролиз отходов с поглощением теплоты
из расплава:



3. Эндотермический процесс декарбонизации
расплава:

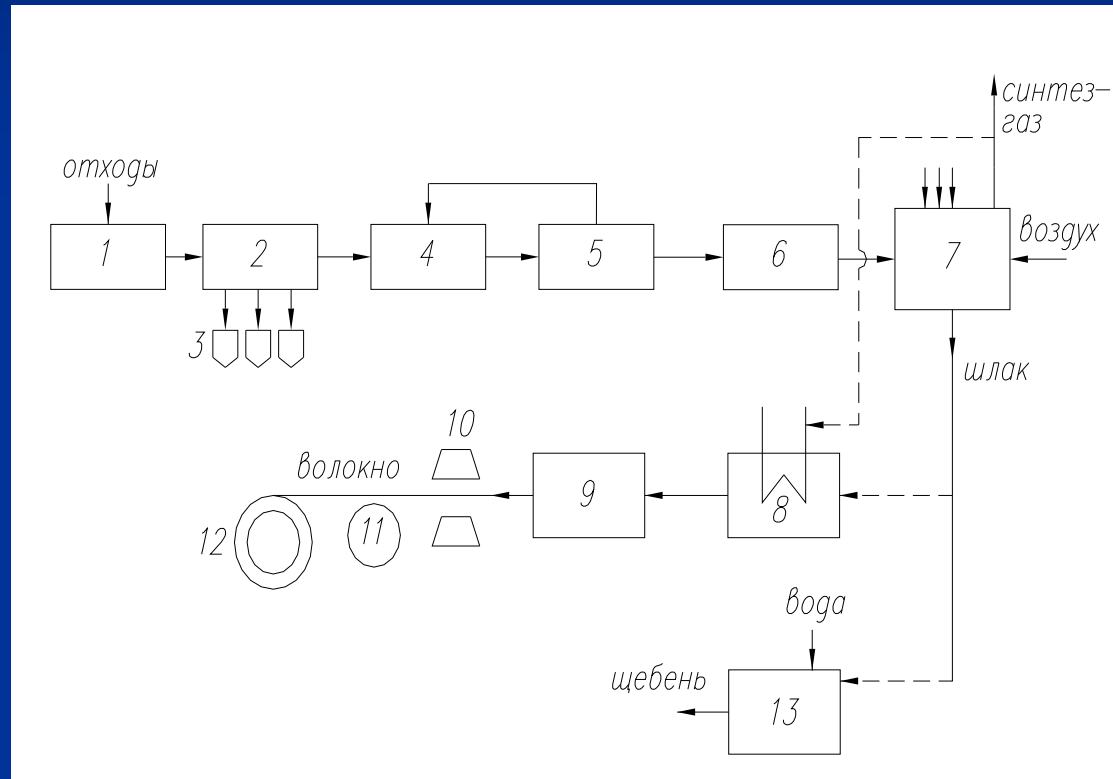


4. При наличии в отходах влаги дополнительно протекает эндотермическая реакция паровой конверсии:



Блок-схема переработки отходов с получением стекловолокна или щебня

- 1 – бункер;
- 2 – ленточный конвейер;
- 3 – контейнеры;
- 4 – роторно-ножевая дробилка;
- 5 – инерционный грохот;
- 6 – бункер;
- 7 – индукционная печь;
- 8 – сборник;
- 9 – платиновый сосуд;
- 10 – устройство для нанесения замасливателя,
- 11 – воздушный вентилятор;
- 12 – катушка аппарата;
- 13 – бассейн.



Усредненный состав синтез-газа

Компонент синтез-газа	Содержание компонента, мольные (об.) %	
	Из сухих отходов	Из отходов с влажностью 26%
H_2	41	39
CO	50	34
N_2	8.9	18
H_2O	0.04	7
CH_4	0.04	-
CO_2	0.02	2

Характеристики синтез-газа

Влажность отходов, мас. %	Расход воздуха, кг/ч	Поток синтез-газа, нм ³ /ч	Теплотворная способность синтез-газа, КДж/нм ³
0	1,60	1,60	9,83
5	1,40	1,60	9,37
10	1,27	1,60	8,95
15	1,10	1,60	8,56
26	0,77	1,60	7,88

Основные пути использования синтез-газа

1. Сжигание для получения тепловой энергии для обеспечения необходимой энергией основных стадий переработки отходов или в производстве строительных материалов из балластной фракции;
2. Сжигание с использованием топливных газов в поршневых или центробежных турбинах для получения энергии;
3. Использование для химических синтезов, в том числе с получением искусственного жидкого топлива по методу Фишера-Тропша.

2. Переработка балластной фракции твердых коммунальных отходов (шлака)

Химический состав шлака после газификации

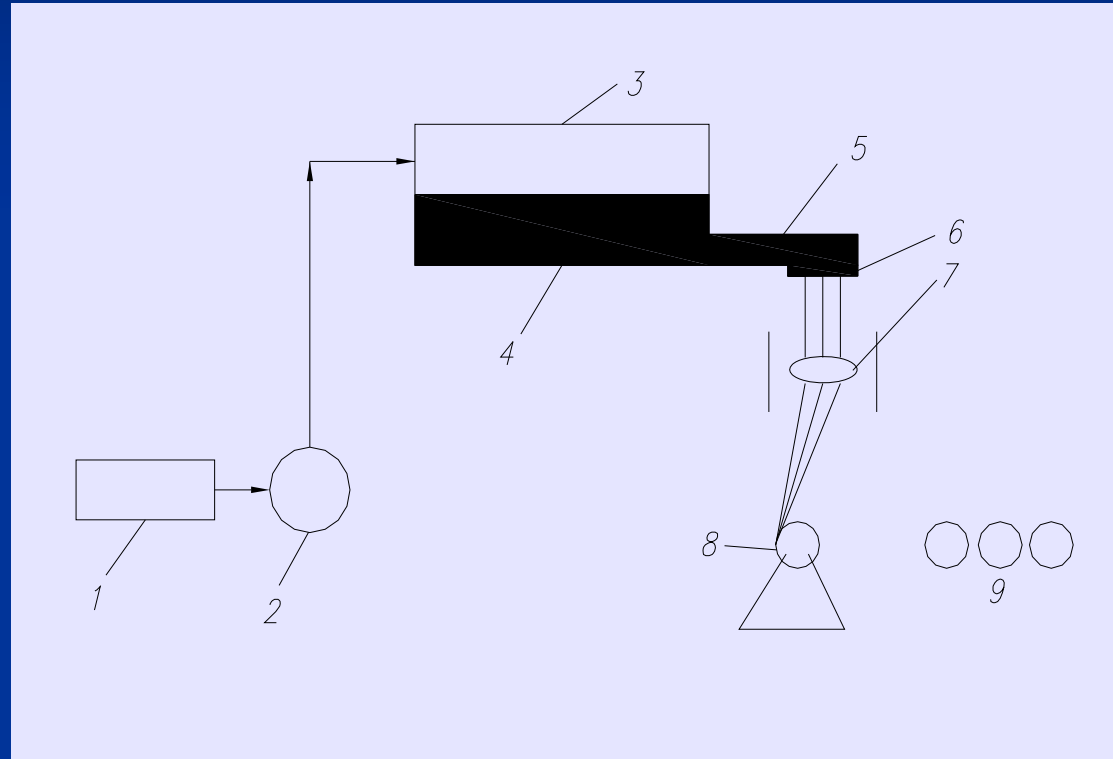
Компонент	Содержание, масс.%
SiO_2	72.50
Al_2O_3	4.58
Fe_2O_3	3.90
CaO	5.25
MgO	3.10
TiO_2	0.17
Na_2O	10.00
K_2O	0.51

Исследованные способы переработки расплавленного шлака в полупродукты для получения композиционных материалов

1. Получение непрерывного стекловолокна;
2. Получение штапельного стекловолокна;
3. Получение щебня.

Получение непрерывного стекловолокна и композиционных материалов на его основе

- 1 - исходное сырье;
- 2 - сливной лоток;
- 3 - плавильная печь;
- 4 – расплавленный до $1450 - 1500^{\circ}\text{C}$ шлак ТКО
- 5 - фидер;
- 6 - платиновый сосуд;
- 7 - замасливатель;
- 8 – наматывающий аппарат;
- 9 – склад.



Получаемые ровинги из непрерывного стекловолокна

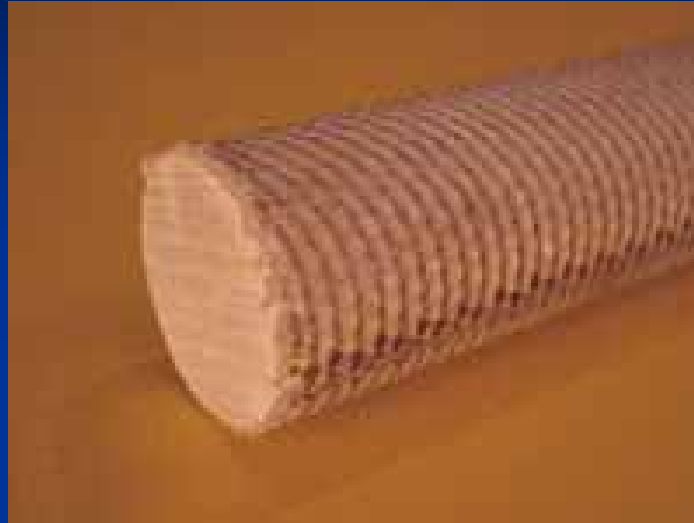


Ровинг рассыпающийся
(применяется при изготовлении
стеклопластика напылением)



Ровинг прямой
(применяется для изготовления
изделий из стеклопластика
методом намотки)

Композиционные материалы из непрерывного стекловолокна



СТЕКЛОПЛАСТИКОВАЯ АРМАТУРА - представляет собой стеклопластиковый стержень, имеющий шероховатую поверхность для связей в бетоне. Предназначена для замены стальной арматуры в железобетонных конструкциях.

Основные превосходства композитной арматуры по механическим свойствам перед стальной арматурой:

- - вес ниже в 4 - 5 раз;
- - выше стойкость в кислых средах;
- - выше стойкость к коррозии.

Стеклопластиковые прямоугольные трубы



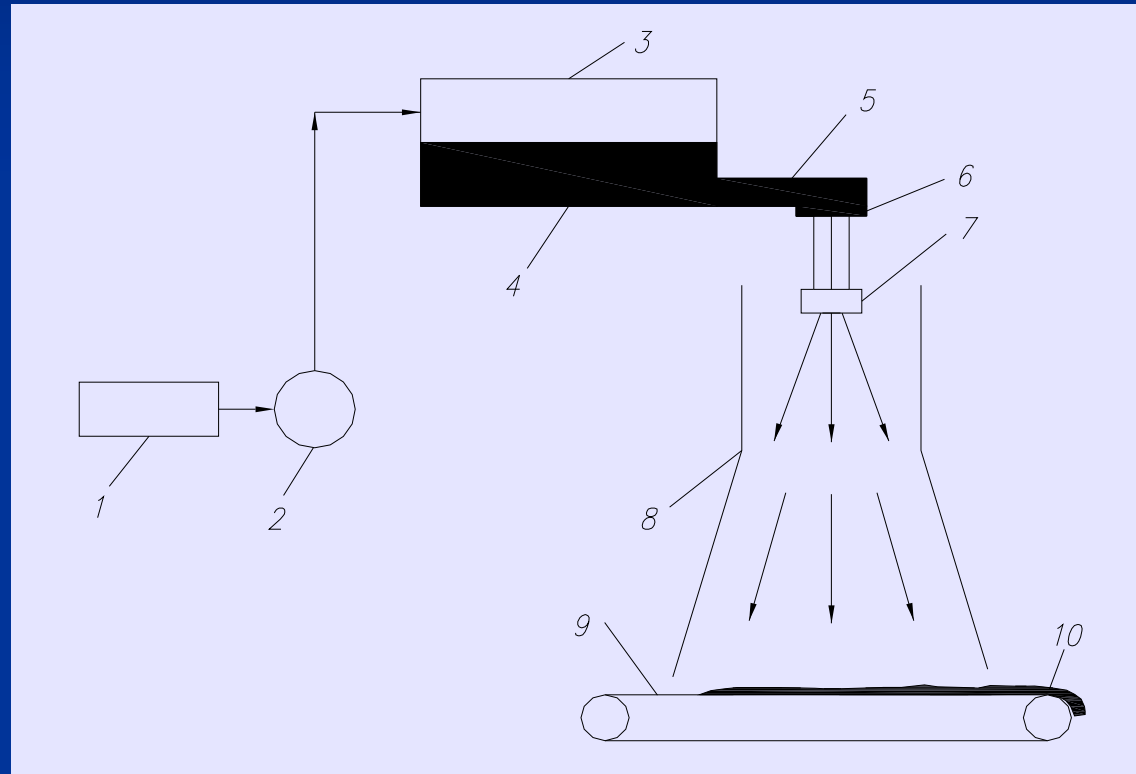
Представляют собой профильные трубы с гладкой поверхностью.

Уникальные физико-механические свойства стеклопластиковых труб:

- химостойкость в агрессивных средах;
- трудногорючесть без выделения диоксинов;
- малый удельный вес;
- низкая теплопроводность;
- стойкость к коррозии.

Производство из расплавленного шлака штапельного стекловолокна и композиционных материалов на его основе

- 1 - исходное сырье;
- 2 - сливной лоток;
- 3 - плавильная печь;
- 4 - расплавленный до $1450 - 1500^{\circ}\text{C}$ шлак ТКО;
- 5 - фидер;
- 6 - фильерная пластина;
- 7 - раздувочное устройство;
- 8 - камера волокноосаждения;
- 9 - приемный конвейер,
- 10 - стекловолокно



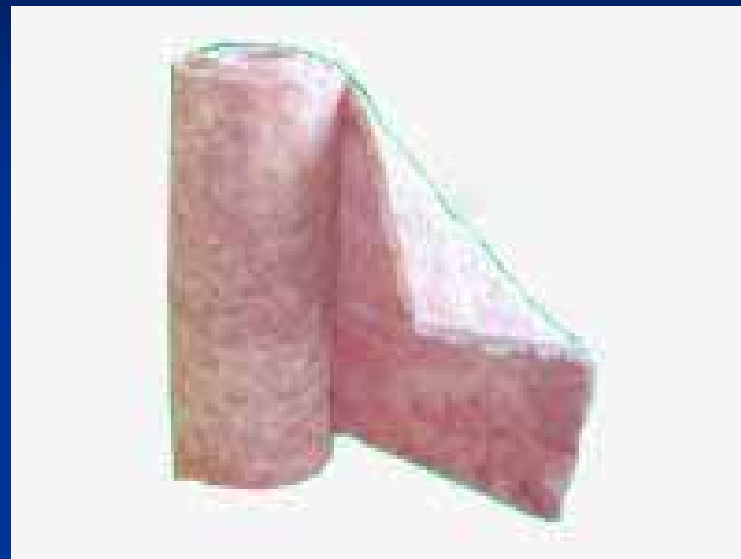
Плиты теплоизоляционные



Изготавливаются из штапельного стекловолокна на основе связующих.

Применяются для тепловой изоляции широкого спектра оборудования и строительных конструкций.

Материал теплозвукоизоляционный



Представляет собой мат, состоящий из рыхлого слоя супертонких штапельных стеклянных волокон, связанных синтетическим связующим.

Возможные температуры применения: от -60° до $+150^{\circ}\text{C}$.

Производство мелкого щебня из шлаков ТКО и композиционных изделий из него

Технология производства мелкого щебня (размером от 2 – 3 мм до 2 – 3 см) из расплавленного шлака ТКО заключается в его сливе при температуре 1050 °С в бассейн с холодной (20 °С) водой. Слив осуществляется с помощью керамического лотка непосредственно из печи.

Расплавленный шлак, попадая в бассейн, подвергается термическому удару и застывает в виде мелкого щебня.

Пеностекло



Пеностекло – теплоизоляционный материал.

Вспененное стекло обладает уникальными теплофизическими и эксплуатационными свойствами: широкий температурный диапазон применения, непроницаемость для воды и водяного пара, теплоизоляция, абсолютная негорючесть, стабильность размеров (не дает усадки), высокие прочностные показатели, по сравнению с другими теплоизоляционными материалами, долговечность, экологическая безопасность, стойкость к агрессивным средам, удобство монтажа.

Спасибо за внимание

Содержание выполненных работ:

- проведено моделирование термодинамики, кинетики, тепло- и массобаланса в обоснование процесса конверсии углеводородов в расплаве металла в синтез-газ и моделирование безотходной технологической схемы производства синтез-газа (электроэнергии) с использованием расплавной газификации твёрдых углеводородов;
- разработана макетная установка газификации горючей фракции твёрдых углеводородсодержащих отходов в расплаве металла с производством синтез-газа;
- проведены изготовление, сборка и наладка узлов макетной установки;
- проведены патентные исследования по технологиям газификации;
- проведены макетные эксперименты в обоснование технологического процесса газификации твердых органических материалов в расплаве металла в индукционном тигле;
- сделан анализ результатов макетных экспериментов, сравнение с модельными расчётами;
- разработаны технологические регламенты, включающие регламенты на подготовку и предварительную сепарацию балластной фракции твердых коммунальных отходов, регламент процесса получения синтез-газа, регламент на использование негорючей фракции в виде композиционных строительных материалов и общего технологического регламента;
- сделан анализ экономической эффективности процесса газификации отходов в расплаве металла;
- разработаны рекомендации по использованию результатов НИР.

Выполнение программных индикаторов

Индикатор		Требование ТЗ		
Обозн	Наименование	Ед. изм.	2007 г.	2008 г.
И1.5.1	Доля завершенных проектов научно-исследовательских работ по Программе, перешедших в стадию опытно-конструкторских работ с целью разработки конкурентоспособных технологий для последующей коммерциализации	шт	0	1
И1.5.2	Число публикаций в ведущих научных журналах, содержащих результаты интеллектуальной деятельности, полученные в рамках выполнения проектов проблемно-ориентированных поисковых исследований	шт	1	1
И1.5.3	Число патентов (в том числе международных) на результаты интеллектуальной деятельности, полученные в рамках выполнения проектов проблемно-ориентированных поисковых исследований	шт	0	1
И1.5.4	Число диссертаций на соискание ученых степеней, защищенных в рамках выполнения проектов проблемно-ориентированных поисковых исследований	шт	0	1

Отчет о достижении заданных значений программных индикаторов на 4 этапе выполнения работ

Индикатор		Требование ТЗ			Достигнуто к началу этапа	Приращение на отчетном этапе	Выполнение нарастающим итогом на конец отчетного этапа
		Ед. изм.	Значение	Срок достижения			
Обозн	Наименование						
И1.5.1	Доля завершенных проектов научно-исследовательских работ по Программе, перешедших в стадию опытно-конструкторских работ с целью разработки конкурентоспособных технологий для последующей коммерциализации	шт	1	11.2008 г.	0	1	0
И1.5.2	Число публикаций в ведущих научных журналах, содержащих результаты интеллектуальной деятельности, полученные в рамках выполнения проектов проблемно-ориентированных поисковых исследований	шт	1	11.2008 г.	0	1	0
И1.5.3	Число патентов (в том числе международных) на результаты интеллектуальной деятельности, полученные в рамках выполнения проектов проблемно-ориентированных поисковых исследований	шт	1	11.2008г.	0	1	0
И1.5.4	Число диссертаций на соискание ученых степеней, защищенных в рамках выполнения проектов проблемно-ориентированных поисковых исследований	шт	1	11.2008г.	1	0	0

Публикации:

- 1. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Карпова Е.В., «Сравнительный анализ существующих термических методов переработки твердых бытовых отходов», Химическое и нефтегазовое машиностроение, № 12, 2007 г.*
- 2. Деминский М.А., Животов В.К., Кирилов И.А., Коробцев С.В., Потапкин Б.В., Систер В.Г., Иванникова Е.М., «Термодинамический анализ процесса газификации твердых бытовых отходов в расплаве металла», Химическое и нефтегазовое машиностроение, № 10, 2008 г., с. 32 – 35.*

На диссертационном совете при МГУИЭ защищена диссертация на тему: «Процесс получения синтез-газа при горении сверхбогатых смесей метана и аппараты для его реализации», специальность 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий (Протокол № 74 от 18.01.2008 г.).

Подана заявка на изобретение (полезную модель): «Устройство для электротермической переработки отходов» (№ 2008139184 от 02.10.2008 г.).