

2000-99

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ**

На правах рукописи

**ДЖАНИБЕКОВ ТААЛАЙБЕК ДЖЕЕНБЕКОВИЧ**

**ПЛАЗМЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И  
УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ РАЗРЯДОВ**

**01.04.14 – теплофизика и молекулярная физика**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Бишкек - 2000**

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ

На правах рукописи

ДЖАНИБЕКОВ ТААЛАЙБЕК ДЖЕЕНБЕКОВИЧ

ПЛАЗМЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И  
УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ РАЗРЯДОВ

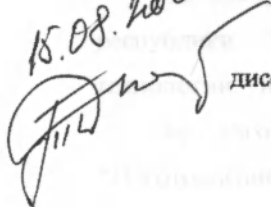
01.04.14-теплофизика и молекулярная физика

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Бишкек-2000

15.08.2000  


Работа выполнена в Институте Физики Национальной Академии  
Наук Кыргызской Республики

**Научные руководители:**

акад. НАН КР, д.ф.-м.н., профессор Ж.Ж. Жеенбаев  
с.н.с., к.т.н., А.Татыбеков

**Официальные оппоненты:**

д.ф.-м.н., профессор В.С. Энгельшт  
к.ф.-м.н., доцент Т.К. Эстебесов

**Ведущая организация:** Институт теплофизики СО РАН

Защита диссертации состоится “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2000г. в \_\_\_ часов на  
заседании диссертационного совета Д01.00.108 в Институте Физики  
Национальной Академии Наук Кыргызской Республики, 720071, г.  
Бишкек, проспект Чуй 265<sup>а</sup>

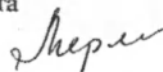
С диссертацией можно ознакомиться в центральной научной  
библиотеке Национальной академии наук Кыргызской Республики

Автореферат разослан “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2000г.

Ученый секретарь

Диссертационного совета

к.ф.-м.н.

 Л. К. Меренкова

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

Диссертация посвящена разработкам и исследованию плазменно-энергетических электродуговых установок и технологий средней мощности применительно к переработке отходов, генерации пара и нагрева воды.

Актуальность темы диссертации обусловлена тем, что такого типа установки не нашли применения на практике, хотя перспективным и актуальным является разработка и применение плазменных технологий и установок в решении ряда муниципальных проблем. В диссертации разработаны нового вида плазменные устройства для переработки отходов, плазменный парогенератор и водонагреватель. Необходимость в подобного рода исследованиях и разработках связано с тем, что в мировой практике, в частности Кыргызской Республики все большая часть технологий переводится на электрическое энергоснабжение.

**Работа выполнялась:**

по плану Республиканской научно-технической программы на 1991-1999 годы.

по плану проекта Национальной академии наук Кыргызской республики “Физика низкотемпературной плазмы и плазменные технологии.” на 1992-1999 годы.

по договору № Э0941 от 1 февраля 1994 года на тему: “Изготовление и монтаж систем электроотопления.” (Договор с Институтом биохимии и физиологии НАН КР).

по договору № ПП0951 от 1 июля 1995 года на тему: “Исследование процесса плазменного пиролиза твердых бытовых

отходов." ( Договор с Бишкекской мерией в лице Бишкекглавархитектуры ).

по договору № ПТ 9402 от 14 февраля 1996 года на тему : "Исследование процесса плазменного пиролиза твердых бытовых и других отходов ." ( Хоздоговор с Бишкекской мерией г. Бишкек ).

по договору № ППК 9601 от 2 января 1996 года на тему "Исследование плазменного парогенераторного котла с дальнейшим использованием к водогрейным установкам." (Хоздоговор с Бишкекской мерией в лице Бишкекглавархитектуры).

по договору № ФХТБО 0197 от 3 марта 1997 года на тему: "Исследование физико-химического состава продуктов плазменного пиролиза ТБО ." ( Договор с Комитетом по науке и новым технологиям Министерства образования, науки и культуры КР ).

Цель работы заключается в разработках и исследованиях плазмохимического пиролиза углеводородсодержащих отходов, плазменного парогенератора, плазменного теплогенератора и электродного водонагревателя. Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи, которые отражают новизну диссертации и выносятся на защиту.

На защиту выносятся :

1. Установка плазменного пиролиза отходов при косвенном и прямом нагреве плазмой электрической мощностью 80 кВт. Результаты исследований пиролиза различных углеводородных отходов, определения состава пиролизных газов, оценки теплотворной способности пиролизного газа. Производительность установки прямого нагрева 30 кг/час при энергозатратах 35 кВт. час
2. Плазменный теплогенератор для нагрева воды в диапазоне от 40 до 90 °С с КПД близким к 100 %, электрической мощностью 80 кВт.

Результаты определения токсичных примесей уходящих газов показали, что их концентрация значительно ниже ПДК.

3. Плазменный парогенератор для получения сухого насыщенного пара при испарении воды при взаимодействии с плазменным потоком электрической мощностью парогенератора 80 кВт, паропроизводительностью для сухого насыщенного пара 60 кг/час. КПД парообразования 99,5 %. Результаты определения концентрации токсичных примесей в получаемом паре ниже ПДК.

4. Электродный водонагреватель для нагрева воды при протекании электрического тока между электродами расположенными в потоке воды (однофазный и трехфазный). Электрическая мощность водонагревателя от 1 до 20 кВт. Результаты исследования зависимости тока и мощности нагревателя от температуры воды. Установлено, что с увеличением температуры воды величина тока и мощности возрастают. Электродный нагреватель воды отличается малыми габаритами, простотой конструкции. Новизна защищена патентом Кыргызской Республики.

Практическая ценность:

Разработанное и исследованное устройство для плазмохимического пиролиза может найти применение для переработки сравнительно небольших объемов углеводородных отходов (ветошь, бумага, пластмасса, опилки, стружки и т.п.) в медицинских учреждениях и других предприятиях.

Данная разработка была выполнена по хоздоговору с мерией города Бишкек. Результаты работы оценены мерией положительно.

Плазменный теплогенератор и электродный водонагреватель могут найти применение для снабжения горячей водой бытовых и промышленных помещений, электродные водонагреватели (в

количестве более 30 штук) уже нашли применение при отоплении в институте физики, институте биохимии НАН КР и ряде частных домов.

Плазменный парогенератор может найти применение в медицинских и ветеринарных учреждениях, при противомикробной и противопаразитной обработке помещений, емкостей, а также при производстве активированного угля.

#### Научная новизна.

При пиролизе углеводородных отходов установлено, что применение компактной струи плазмы обуславливает нестабильный пиролиз. Для устранения этого недостатка предложены и разработаны насадки со струйным подводом дополнительного воздуха с целью расширения потока плазмы и снижения его температуры.

При разработке плазменного теплогенератора предложена идея о целесообразности увеличения эффекта взаимодействия потока плазмы с теплообменником путем расширения плазменного потока дополнительным струйным введением воздуха.

Предложен и реализован новый способ испарения воды при взаимодействии встречной струи воды и распределенного потока плазмы.

При исследовании нагрева воды в электродном водонагревателе установлено, что величина тока, электрическая мощность возрастают с увеличением температуры воды, возможно этот эффект обусловлен степенью диссоциации растворенных в воде солей.

Достоверность результатов исследований и разработок обусловлена применением стандартных измерительных приборов, внутренней согласованностью результатов эксперимента, непротиворечием с данными других известных экспериментов.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертации докладывались: на Международной конференции "Проблемы механики и технологии" г. Бишкек 1994 г., на Международной конференции "Физика плазмы и плазменные технологии" г. Минск 1997 г., на 3 Международном совещании "Исследование генераторов термической плазмы и технологии" г. Новосибирск 1997 г., на Международной конференции "Традиции и новации в культуре университетского образования" г. Бишкек 1998 г., на 9 школе по плазмохимии для молодых ученых России и стран СНГ г. Иваново 1999 г., на конференции по радиационной физике (с международным участием) г. Каракол, Бишкек 1999 г.

**Публикации.** По результатам работы опубликовано 14 работ, получен 1 патент Кыргызской Республики.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографии (75 наименования). Работа содержит 108 страниц машинописного текста, 25 рисунков, 12 таблиц.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность темы диссертационной работы, цели и задачи исследований. Сформулированы научная новизна, практическая ценность исследований и результаты исследования выносимые на защиту.

В первой главе проведен аналитический обзор литературы по состоянию и перспективам плазменной технологии, рассмотрены электродуговые плазматроны, как источники термической плазмы, вопросы плазменной обработки промышленных и бытовых отходов, методы получения водяного пара и методы нагрева воды в системах теплоснабжения. Обоснованы цели и задачи диссертации.



Во второй главе рассмотрен плазмохимический пиролиз углеводородных отходов. Традиционно наиболее распространенные технологии переработки промышленных и бытовых отходов основаны на их сжигании без предварительной рассортировки с получением сухого или жидкого шлака.

Сжигание отходов наиболее экономично, однако может сопровождаться образованием высокотоксичных веществ (фосгены, диоксинов и др.) из-за недостаточно высокой температуры пламени. В связи с этим интенсивно разрабатываются плазменные технологии переработки отходов. Использование плазмы позволяет повысить температуру процесса до величины, при которой происходит полная деструкция указанных токсичных веществ (1200-2000 °С). Известны плазменные пиролизные установки и технологии для переработки отходов. Как и мусоросжигающие печи, эти установки ориентированы на переработку без его сортировки. Единичные работы посвящены переработке углеводородных отходов. Эти установки работают с жидким шлакоудалением, когда электрическая дуга нагревает шлак до нужной температуры и далее отходы нагреваются от жидкого шлака. Такой подход сопряжен с большим временем подготовки установки к работе, а также в сложности ее управления.

Наша установка и технология разрабатывались с целью переработки углеводородных отходов с сухим шлакоудалением. Это позволяет сократить время предварительной подготовки установки к работе и упростить ее управление. Установка ориентирована на переработку сравнительно небольших объемов отходов. Например, отходов мед. организаций, бумаги, ветоши, опилок, стружек, пластмассовых бутылок.

Разработаны два типа установок. Первая - с косвенным нагревом отходов, -нагрев отходов непосредственно плазмой.

Схемы экспериментальных установок приведены на рис. 1 и рис. 2. Пиролизная камера шахтного типа имела квадратное сечение со стороной 80 сантиметров и высотой-120 см. В качестве источника плазмы использовался электродуговой плазматрон на постоянном токе ПРС-75 ( ИТМО БАН, Минск). Схема плазматрона приведена на рис.3. Плазматрон питается постоянным током от выпрямителя с напряжением холостого хода 600 В. через балластное сопротивление. Мощность дугового разряда 40 Квт. КПД передачи энергии потоку плазмы составляет 70 %. ( 28 кВт).

Все детали плазматрона охлаждаются проточной водой. Катодом служит гафниевый стержень в медной оправе. Анод - медный. Плазмообразующий газ - воздух, расход воздуха - 0,3 г/с. Ресурс работы плазматрона до смены катодной вставки примерно 50 часов.

Для увеличения области теплообмена плазмы с трубной-нагревателем (рис. 1) или отходами (рис. 2) на плазматрон устанавливали специально разработанную насадку (рис. 4). В насадок расход воздуха составил 1 г/с. При этом средне массовая температура плазмы снижалась с 5000 °К до 1000 °К на выходе из насадка. Использование насадка исключает локальный перегрев деталей установки и перерабатываемых отходов, улучшая теплообмен. Следует отметить, что без насадка при прямом нагреве отходов струей плазмы, процесс пиролиза был нестабильным во времени.

Установка с косвенным нагревом (рис. 1) предназначался для бескислородного пиролиза. Струя плазмы через насадок подавалась в горизонтальную стальную трубу диаметром 130 мм, длиной 1 м, далее горячие газы проходили в зазоре между стенками по специальному газопроводу и выбрасывались в атмосферу. Труба (10) и стенки камеры нагревались до красного каления с температурой порядка 1300 °К.

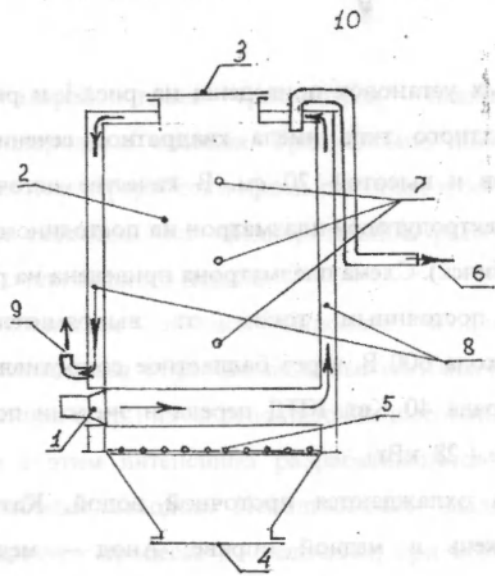


Рис.1. Схема экспериментальной пиролизной установки с косвенным нагревом плазмой.

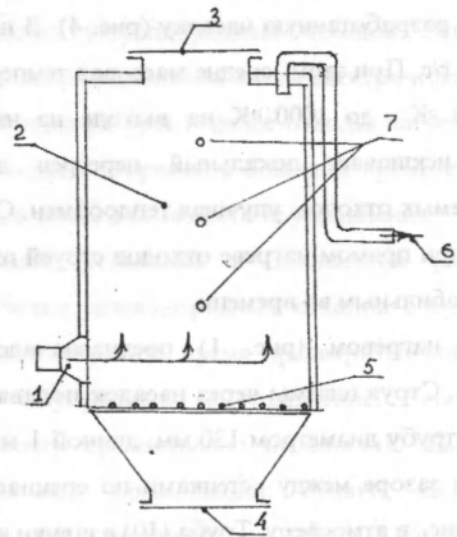


Рис.2. Схема экспериментальной пиролизной установки с непосредственным нагревом плазмой.

- 1-плазматрон с насадкой;
- 2-пиролизная камера;
- 3-загрузочный люк;
- 4-разгрузочный люк;
- 5-колосниковая решетка;
- 6-пиролизные газы;
- 7-термопары;
- 8-термокамеры для плазмы;
- 9-выход газа

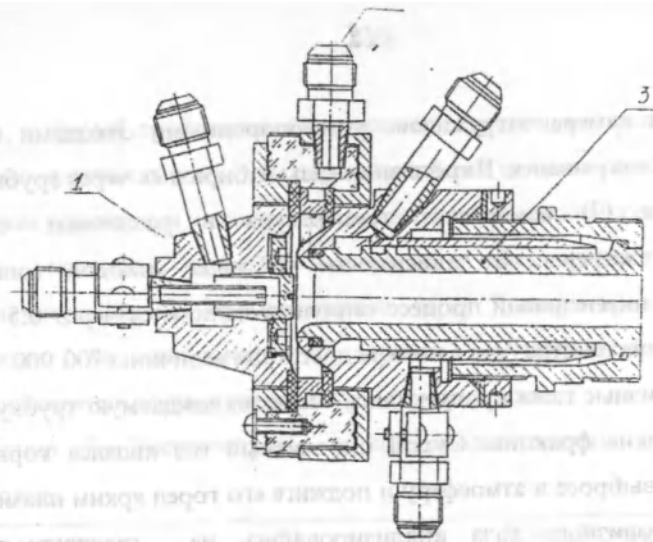


Рис.3. Конструкция дугового плазматрона ПРС-75: 1-катод; 2-вход плазмообразующего газа (воздух); 3-анод.

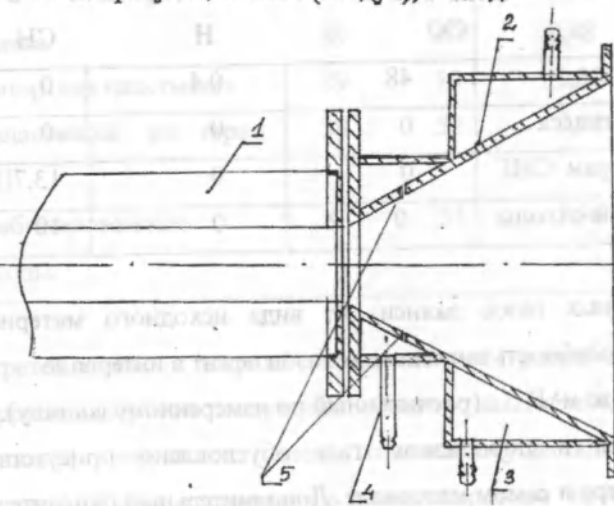


Рис.4. Конструкция насадка: 1-плазматрон; 2-расширяющийся насадок; 3-водяное охлаждение; 4-вход для спутного газа; 5-отверстия для подачи спутного газа в насадок.

Пиролизная камера загружалась углеводородными отходами после чего люк (3) закрывался. Пиролизные газы отбирались через трубку (6) термопарами (7) измерялась температура в различных частях пиролизной камеры. В зависимости от вида отходов (опилки, пластмасса) интенсивный процесс пиролиза начинался через 0,5 - 1,5 часа. При этом температура в камере достигала величины 700-900 °С.

Пиролизные газы пропускались через охлаждаемую трубку, где оседали жидкие фракции. Сухой пиролизный газ являлся горючим газом и при выбросе в атмосферу и поджиге его горел ярким пламенем. Пробы пиролизного газа анализировались на газожидкостном хроматографе ЛХМ-80.

Состав пиролизных газов приведен в таблице 1.

Таблица 1. Состав пиролизных газов при нагреве плазмой.

Исходные материалы	Объемные содержание в %		
	СО	Н	СН
бумага	48	0,4	0
импортная пластмасса	0	0	0
пластмасса из стран СНГ	0	0	13,7
комбинированные отходы	0	0	10

Состав пиролизных газов зависит от вида исходного материала.

Теплотворная способность пиролизных газов лежит в интервале

1,3-1,85 кДж/м<sup>3</sup> К (расчитанный по измеренному составу).

Наличие оксидов в пиролизном газе обусловлено присутствием кислорода в камере и самом материале. Дополнительный окислитель в камеру не подавался.

На установке с непосредственным нагревом отходов потоком плазмы (рис. 2) исследовался пиролиз тех же материалов. Количество кислорода подаваемого в камеру из плазматрона и насадки было ниже

того, который требовался для процесса горения материала. Об этом можно судить по тому, что пиролизный газ являлся горючим, как и в первом реакторе, и в его составе имеются горючие компоненты.

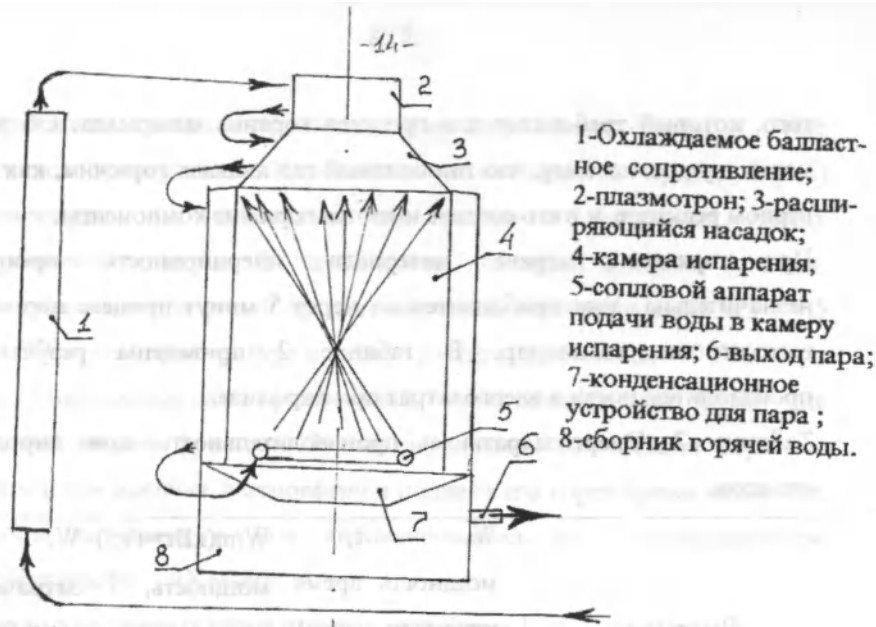
При прямом нагреве материала инерционность процессе незначительна. Уже приблизительно через 5 минут процесс пиролиза выходит на стационар. В таблице 2 приведены результаты производительности и энергозатрат при пиролизе.

Таблица 2. Энергозатраты и производительность при пиролизе отходов.

Вещество	W,	t,	W/m(кВт*ч/кг)	W,
	мощность	время	мощность,	затраченная
	плазматр- она	(мин)	затраченная на единицу вещества	мощность
Бумага	39	10	0,48	7,2
Импортная пластмасса	39	10	0,85	7,2
пластмасса из стран СНГ	39	52	2,11	33,8
комбинированные отходы	33	37	1,16	20,5

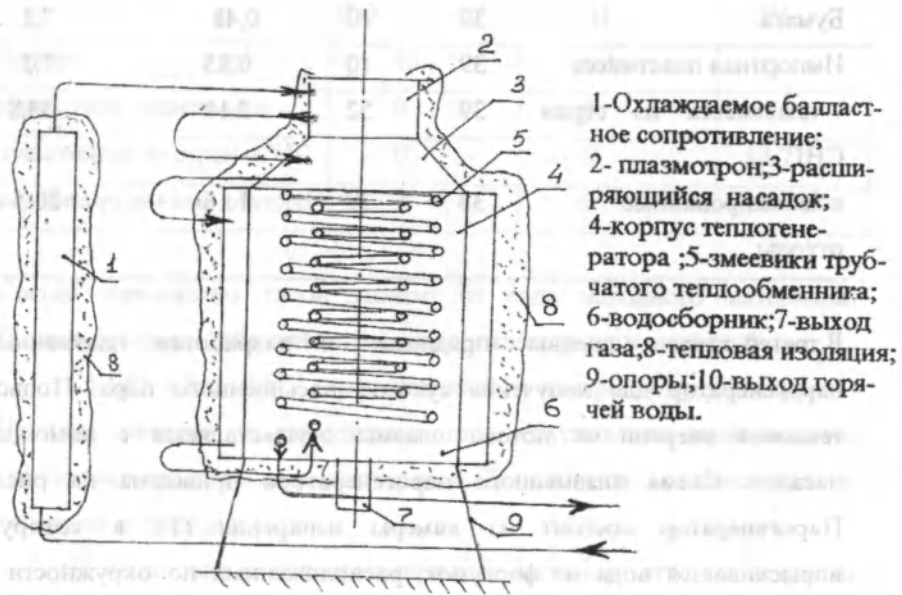
В третьей главе впервые предложен и разработан плазменный парогенератор для получения сухого насыщенного пара. Подвод тепловой энергии от потока плазмы осуществляется с помощью насадки. Схема плазменного парогенератора приведена на рис.5. Парогенератор состоит из камеры испарения (1), в которую впрыскивается вода из форсунок, расположенных по окружности в количестве 12 штук с отверстием 0,5 мм. Струи воды направляются вверх навстречу потоку плазмы из плазматрона. Образующийся при





- 1-Охлаждаемое балластное сопротивление;
- 2-плазматрон;
- 3-расширяющийся насадок;
- 4-камера испарения;
- 5-сопловой аппарат подачи воды в камеру испарения;
- 6-выход пара;
- 7-конденсационное устройство для пара ;
- 8-сборник горячей воды.

Рис.5.Тепловая схема плазмотронной парогенераторной установки.



- 1-Охлаждаемое балластное сопротивление;
- 2- плазматрон;
- 3-расширяющийся насадок;
- 4-корпус теплогенератора ;
- 5-змеевики трубчатого теплообменника;
- 6-водосборник;
- 7-выход газа;
- 8-тепловая изоляция;
- 9-опоры;
- 10-выход горячей воды.

Рис.6.Тепловая схема плазмотронной теплогенераторной установки.

испарении воды плазмой пар вместе с остающейся жидкостью поступают в камеру осаждения воды, из которой выходит чистый пар.

В парогенератор подавалась подогретая вода после охлаждения плазматрона, балластного сопротивления, насадки. Дальнейший нагрев воды происходил с потоком плазмы. В случае неполного испарения распыляемой воды слив нагретой воды из бачка (1) подавался к распылителю. Таким образом максимально использовалась электрическая энергия плазменной установки. Расход воды подбирался в зависимости от задаваемого параметра пара (сухой или насыщенный).

При оптимальном расходе воды  $G=0,103$  кг/с для получения пара затраты электроэнергии составили 61,2 кВтч/кг пар. При оптимальном расходе насыщенного пара затраты электроэнергии составили 1,35 кВтч/кг.

Количество получающегося пара определяется по известному количеству распыленной воды и воды собранной в камере осаждения.

Разработанный плазменный парогенератор может найти применение при паровом отоплении помещений, в качестве дезинфекционного средства в медицинских и ветеринарных учреждениях, в производстве получения активированного угля. По сравнению с известными парогенераторами (на углеводородном топливе, электродном электрическом нагреве) данный плазменный парогенератор отличается меньшими массогабаритами при той же производительности и отсутствием солевых отложений. В уходящих газах из парогенератора были определены присутствие токсичных веществ с помощью газоанализатора УГ-2. Концентрация их оказалась существенно ниже ПДК. В получаемом паре присутствует слабый запах озона.

В четвертой главе впервые предложен и разработан нагреватель воды с помощью тепловой энергии плазмы. Схема плазменного теплогенератора показана на рис. 6.

Теплообменник (3) изготовлен из медной трубки диаметром 10 мм толщиной 1 мм и общей длиной 20 м. Теплообменник размещен в цилиндрическом кожухе диаметром 130 мм длиной 1 м, теплоизолированной снаружи асбестовым листом и стекловатой.

Струя плазмы выходящая из плазматрона (1) смещается с дополнительным воздухом в расширительной насадке (2). Нагретый поток воздуха (1500 °К) набегае на теплообменник. К нагреваемой в теплообменнике воде присоединяется вода нагретая при охлаждении балластного сопротивления, деталей плазматрона, насадки и кожуха теплообменника. КПД нагрева воды определяется по известному расходу воды и изменению температуры от холодной до нагретой воды. Расход воды определялся ротаметром РМ-0,16 ЖУЗ с погрешностью 2,5 %. Температура воды определялась ртутным термометром. Электрическая мощность определялась по напряжению и току в системе плазматрона. Относительная погрешность приборов 1,5-2,5 %. Оценка КПД по этим измерениям равна,

$$\eta = C_p \cdot G \cdot \Delta T / U \cdot I \text{ где,}$$

$C_p$ - изобарная теплоемкость воды,  $G$ -расход воды,  $\Delta T$ - разница температуры холодной и нагретой воды,  $I$ - ток,  $U$ - напряжение в системе плазматрона. Величина  $\eta$  около 95 %

Однако формальная погрешность определяемая с учетом измерений различных величин может достичь 15-20 %, в то же время из общих соображений КПД должно быть высоким, с учетом того, что потери с уходящим воздухом и поверхность невелики, такие оценки были сделаны.

Потери тепла в окружающую среду определялись по формуле :

$$Q_{окр} = (S \cdot \alpha (T_n - T_{окр}) / N)$$

где,  $S$  - наружная поверхность плазменной теплогенераторной установки, определенная по результатам наружного обмера,  $m^2$  ;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи от поверхности теплогенератора к окружающему воздуху ;

$T_n$ - температура поверхности теплогенератора, °С ;

$T_{окр}$  - температура окружающего воздуха, °С.

расчет по этой формуле  $Q_{окр} = 0,4$  кВт.

Потери тепла с уходящим воздухом определялись по формуле :

$$Q_{ух} = (M_{вз} \cdot C_{рвз} (T_{вз} - T_{окр}) / J \cdot U)$$

где,  $M_{вз}$ - расход воздуха на плазматрон, г/с;

$C_{рвз}$ -изобарная массовая теплоемкость воздуха, кДж/кг-град, равная 1,006 кДж/кг-град;

$T_{вз}$ -температура воздушного потока, выходящего из плазменной теплогенераторной установки, °С;

$T_{окр}$ -температура окружающего воздуха, °С;

$J, U$ - величины тока и напряжения на плазматроне, А и В.

Расчет дал  $Q_{ух} = 0,08$  кВт.

Сопоставление полученных потерь  $Q_{окр}$  и  $Q_{ух}$  с полной мощностью по электричеству генератора  $N = 80$  кВт при токе  $I = 160$  А показывает, что фактически КПД установки по нагреву воды близок к 100%. Изменяя расход воды можно получать его нагрев в диапазоне температур от 40-90 °С. Альтернативным методом нагрева воды являются теплоэлектронагреватели (ТЭНы) с резистивным нагревом. Разработанный плазменный теплогенератор отличается от ТЭНов меньшими массогабаритами при той же мощности, отсутствием дорогих дефицитных материалов (нихром, периклаз).

Генерация плазмы может сопровождаться образованием токсичных компонентов, которые и после охлаждения плазмы могут в некотором количестве сохраняться в уходящих газах. Для оценки экологической опасности уходящих газов, последние были подвергнуты анализу на газоанализаторе. Некоторые результаты анализа концентрации примесей приведены в таблице 3.

Таблица 3. Концентрация примесей уходящих газов.

Вещество	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO	C <sub>i</sub> H <sub>k</sub>
Концентрация мг/м <sup>3</sup>	6,8-7,1	4,3-5,8	3,8-4,2	7-9
ПДК мг/м <sup>3</sup>	20	10	5	300

Как видно из таблицы концентрация токсичных веществ существенно меньше предельно допустимых концентраций.

Уходящий газ кроме того содержит озон (O<sub>3</sub>), что обнаружено по его запаху. Измерение концентрации озона проведены не были.

В случае превышения озона ПДК уходящий газ может барботироваться через воду с каким-либо поглотителем или деструктором озона. Барботаж через воду может позволить уменьшить содержание и других токсичных примесей (см. Рис. 5).

В пятой главе рассмотрен электродный водонагреватель, представляющий собой устройство, в котором нагрев воды происходит в результате протекания тока между двумя или более электродами размещенными в воде. При использовании проточной воды применительно для обогрева помещений. Электродный водонагреватель широко распространен в практике отопления помещений. Известные электродные водонагреватели имеют сравнительно большие габариты и сложные в сборке. Для устранения

этих недостатков был предложен и разработан электродный водонагреватель, в котором одним электродом является заземленный корпус. На рисунках (7, 8) показаны схемы одно- и трехфазного электродных нагревателей.

Корпус электродного водонагревателя состоит из труб соединенных между собой сваркой. Геометрические параметры даны в табл. 4.

таблица 4. Параметры электродов и корпуса одно -и трехфазного нагревателя.

Тип	D , мм	d, мм	h, см	материал	
нагревателя	диаметр	диаметр	длина	габариты электро-	нагревате дов
	внешнего	внутренне-	внутрен	ля, см x см	
	электрода	гоэлектро-	него		
		да	электрода		
Однофазный	57	14	30	50x40	сталь
Трехфазный	57	14	20,20,18	50x40	сталь

Электродные водонагреватели работают следующим образом: при подаче фазного напряжения на электроды (220 В, 50 Гц) между электродом и заземленным корпусом проходит электрический ток который и нагревает воду. Разработаны электродный водонагреватель как с проточной водой, так и модульного типа с естественной конвекцией воды. Экспериментальная установка для нагревателя приведена на рис. 9.

Резиновые рукава установлены для предотвращения аварийного тока на емкость с водой при обрыве "нулевого" провода в электронагревателе. Некоторые результаты экспериментов приведены на рис. 10.

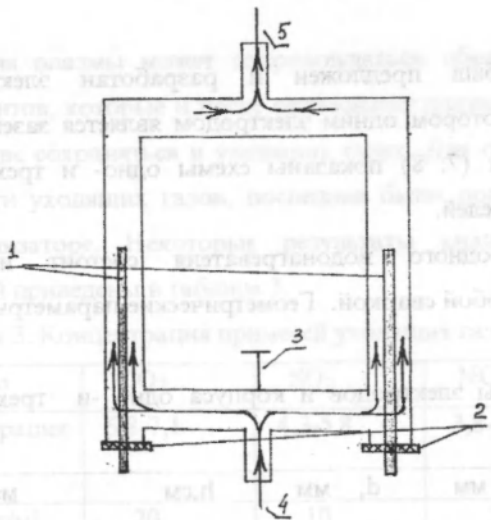


Рис.7.Схема однофазного нагревателя.

- 1-Электроды;
- 2-изоляторы;
- 3-"ноль" -фаза;

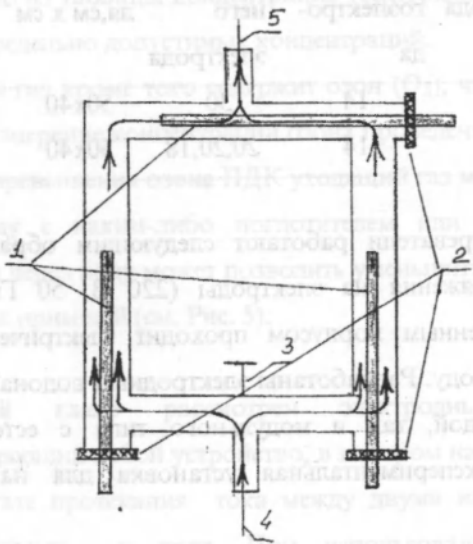


Рис.8.Схема трехфазного нагревателя.

- 4-вход воды;
- 5-выход воды.

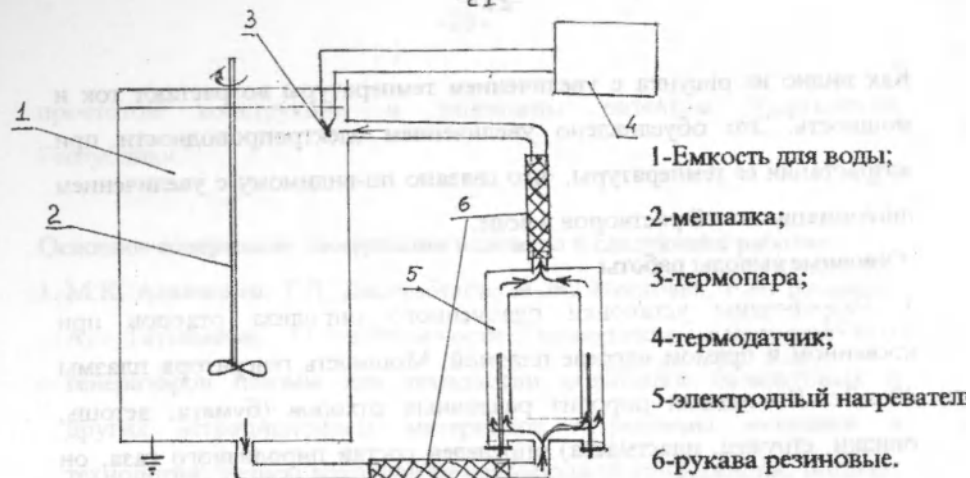


Рис.9.Схема экспериментального стенда электродного нагревателя.

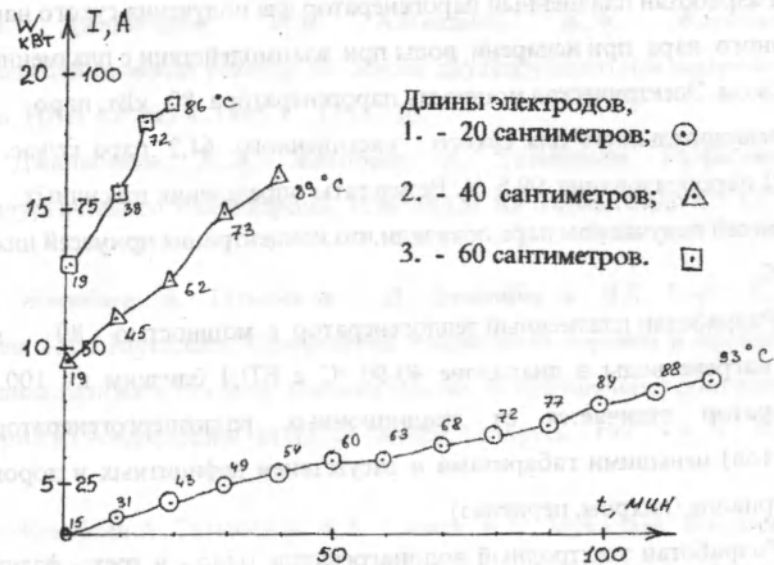


Рис.10. Зависимость мощности, тока в нагревателе и времени нагрева воды от длины электрода при диаметре 20 сантиметров.



Как видно из рисунка с увеличением температуры возрастают ток и мощность. Это обусловлено увеличением электропроводности при возрастании ее температуры, что связано по-видимому с увеличением диссоциации солей растворов в воде.

#### Основные выводы работы

1. Разработаны установки плазменного пиролиза отходов при косвенном и прямом нагреве плазмой. Мощность генератора плазмы 40 кВт. Исследован пиролиз различных отходов (бумага, ветошь, опилки, стружка, пластмасса) определен состав пиролизного газа, он содержит горючие компоненты ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ). Теплотворная способность пиролизного газа лежит в диапазоне 1,3-1,85 кДж/м<sup>3</sup>К. Производительность установки прямого нагрева 30 кг/час. При энергозатратах 1,16 кВт·ч/кг.

2. Разработан плазменный парогенератор для получения сухого насыщенного пара при испарении воды при взаимодействии с плазменным потоком. Электрическая мощность парогенератора 80 кВт, производительность для сухого насыщенного пара 61,2 кг/час. КПД паробразования 99,5 %. Результаты определения токсичных примесей получаемом паре показали, что концентрация примесей ниже ПДК.

3. Разработан плазменный теплогенератор с мощностью 80 кВт для нагрева воды в диапазоне 40-90 °С с КПД близким к 100 %. Генератор отличается от традиционных теплоэнергогенераторов (ТЭНов) меньшими габаритами и отсутствием дефицитных и дорогих материалов (нихром, периклаз).

4. Разработан электродный водонагреватель одно - и трех - фазный, одно - фазный водонагреватель имеет мощность от 1 до 20 кВт. Электродные водонагреватели отличаются малыми габаритами и

простотой конструкции и защищены патентом Кыргызской Республики.

#### Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. М.К. Асаналиев, Т.Д. Джанибеков, Ж.Ж. Жеенбаев, Р.И. Конавко, А. Татыбеков. О возможности применения электродуговых генераторов плазмы для технологии обработки базальтовых и других нетрадиционных материалов //Проблемы механики и технологии: Тезисы докладов международной конференции, Бишкек, Илим, (14-17 июнь, 1994 г.), С. 157-158.
2. М.К. Асаналиев, Ж.Ж. Жеенбаев, Т.Д. Джанибеков, Р.И. Конавко, А. Татыбеков. Электродный нагреватель // патент №77, Кыргызпатент 30-сентября 1995г. бстр.
3. Т.Д. Джанибеков, М.К. Асаналиев, Ж.Ж. Жеенбаев. Плазмохимический реактор на основе двухструйного плазматрона. Изв. НАН КР №3-4. 1995. С. 125 - 126.
4. Т.Д. Джанибеков, Ж.Ж. Жеенбаев, А. Татыбеков. Разработка металлургического плазматрона. Изв. НАН КР №3-4, 1995. С. 127 - 128.
5. Ж.Ж. Жеенбаев, А. Татыбеков, Т.Д. Джанибеков, В.Б. Борт, К.У. Сабаев, К.О. Мукалаев. Применение плазменной горелки в процессе пиролиза бытовых отходов. Физика плазмы и плазменная технология. Материалы конференции ФППТ-2 Минск, Беларусь.-1997. т.4. -С. 646-650.
6. Ж.Ж. Жеенбаев А. Татыбеков, К.У. Сабаев, К.О. Мукалаев, В.Б. Борт, Т.Д. Джанибеков. Эффект плазматрона при проведении физико-химического анализа продуктов пиролиза сложных веществ. -Там же, с.650-653.



7. Tatybekov A., Nikanorov V.J., Zheenbaev Zh.Zh., Myukalaev K.O., Bort V.B., Djanibekov T.D., Sabaev K.U. Plasmatron heat and steam generating in stallations. III International workshop. Novosibirsk 1997.
8. Татыбеков А., Никоноров В.И., Жеенбаев Ж.Ж., Джанибеков Т.Д., Борт В.Б., Мукалаев К.О., Сабаев К.У. Плазменный метод получения озонированного водяного пара. Труды международной конференции. Традиции и новации в культуре университетского образования. Бишкек 1998 ч.2. с. 90-94.
9. Татыбеков А., Никоноров В.И., Жеенбаев Ж.Ж., Кенешов Т.С., Борт В.Б., Джанибеков Т.Д., Мукалаев К.О., Сабаев К.У. Плазматронная парогенераторная установка. Известия НАН КР. "Эхо науки" № 2-3. 1998. с. 14-17.
10. Татыбеков А., Жеенбаев Ж.Ж., Сабаев К.У., Мукалаев К.О., Борт В.Б., Джанибеков Т.Д. Плазматронная теплогенераторная установка и исследования химического состава отходящих газов. материалы 9-школы по плазмохимии для молодых ученых России и стран СНГ. г.Иваново, 1999. с. 216-220.
11. Татыбеков А., Никоноров В.И., Жеенбаев Ж.Ж., Мукалаев К.О., Джанибеков Т.Д., Сабаев К.У., Борт В.Б. Применение плазменной радиации для процесса пиролиза твердых бытовых отходов. Конференция по радиационной физике. Бишкек-Каракол. с.104-105.
12. Татыбеков А., Никоноров В.И., Жеенбаев Ж.Ж., Мукалаев К.О., Джанибеков Т.Д., Сабаев К.У., Борт В.Б. Применение плазменной радиации для форсированного капельно-пленочного испарения жидкости. Там же. с.105-106.
13. А. Татыбеков, Ж.Ж. Жеенбаев, Т.Д. Джанибеков, В.Б. Борт, К.О. Мукалаев, К.У. Сабаев. Особенности оптического теплового излучения в плазменной горелке. Сб. Уральского технического Университета. Екатеринбург 1999. с.41-45.

14. А. Татыбеков, В.И. Никоноров, Ж.Ж. Жеенбаев, Т.С. Кенешов, К.О. Мукалаев, Т.Д. Джанибеков, В.Б. Борт, К.У. Сабаев. Плазматронная теплогенераторная установка. Известия НАН КР. №3. 1999. с.17-20.

#### Аннотация

В диссертации представлены разработки и исследования энергетических электродуговых установок и технологий средней мощности применительно к переработке отходов, генерации пара и нагрева воды. Показана эффективность применения разработанной расширяющейся насадки для увеличения области теплообмена плазматрона с насадкой с обрабатываемыми материалами (при переработке ТБО).

Разработанные плазменные тепло- и парогенераторы реализуют парообразование в малом объеме камеры испарения при высоком теплонапряжении значительно превышающая достигнутые величины в энергетических парогенераторах при сжигании органического топлива (КПД теплогенераторной установки более 99%).

Приведены результаты исследований разработанного электродного нагревателя воды. Предложена конструкция электродного нагревателя, отличающаяся малыми габаритами.

Диссертацияда орто кубаттулуктагы энергетикалык электр жаа установкаларынын жана технологияларынын таштандыларды иштетүүдө, буу пайда кылууда жана суу ысытууда колдонуу изилдөөлөрү менен алардын иштелип чыгуулары келтирилген. Насадка жана иштетилип жаткан материалдардын катуу таштандыларды иштетүүдө жылуулук алмашуу областын чонойтуу үчүн колдонулган ойлоп табылган кеңейүүчү насадканын колдонулушу көрсөтүлгөн.

Иштелип чыккан плазмалык жылуулук жана буу генераторлору кичине көлөмдөгү камерада буу пайда кылууну органикалык заттардын күйүүсүнүн негизинде иштеген энергетикалык буу генераторлорунан бир кыйла жогору ишке ашырат. Жылытуучу генератордук установкаканын ПАКы 99% тен жогору.

Иштелип чыккан электроддук суу ысыткычынын изилдөөлөрүнүн жыйынтыктары келтирилген. Кичине өлчөмдөрү менен айырмаланган электроддук суу ысыткычтарынын конструкциясы сунуш кылынды.

ABSTRACT

In the dissertation(thesis) presented the elaboration and investigation of energetic electric arc sets and middle power applicable in waste treatment, steam generating, and water heating. Application efficiency of elaborated expansive nozzle for increasing the heatexchange region of plasmatron and nozzle with processing materials (in solid waste treatment) is showed.

The elaborated plasma heat and steam generators realize steam forming in small size evaporation camera at high heat pressure, significantly exceeding the obtained values in the energetic steam generators on organic fuel burning efficiency coefficient (EC) of heat generator set is more than 99%).

The results of the elaborated electrode water heater investigation are given. The constuction of electrode water heater, which has difference by its small size, is offered.

