

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Физико-технический институт  
Кафедра технической физики

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ФТИ  
О.Ю. Долматов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016г.

## **ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

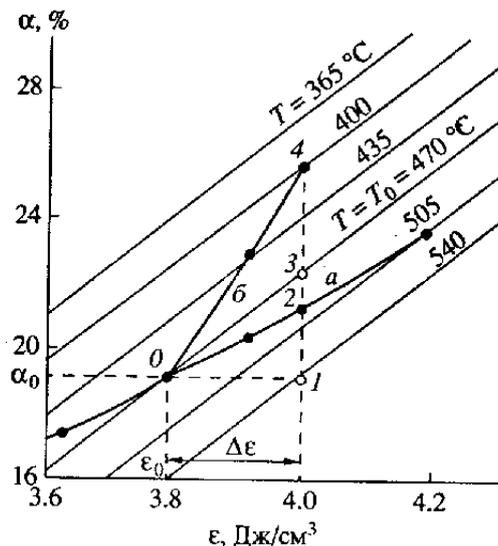
Методические указания к лабораторному практикуму по курсу  
**Плазменные технологии переработки веществ**  
для студентов направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»  
Физико-технического института

## 1. Цель работы

1. Ознакомление с устройством, принципом действия и режимами работы плазмохимической установки (ПЗХУ) для утилизации нефтяных шламов.
2. Расчет плазмохимического процесса утилизации нефтяных шламов в условиях плазмы ВЧ-факельного разряда).
3. Экспериментальное изучение режимов утилизации нефтяных шламов в условиях плазмы ВЧ-факельного разряда.
4. Обработка и анализ полученных результатов, выбор оптимальных режимов плазмохимического процесса утилизации нефтяных шламов в условиях плазмы ВЧ-факельного разряда

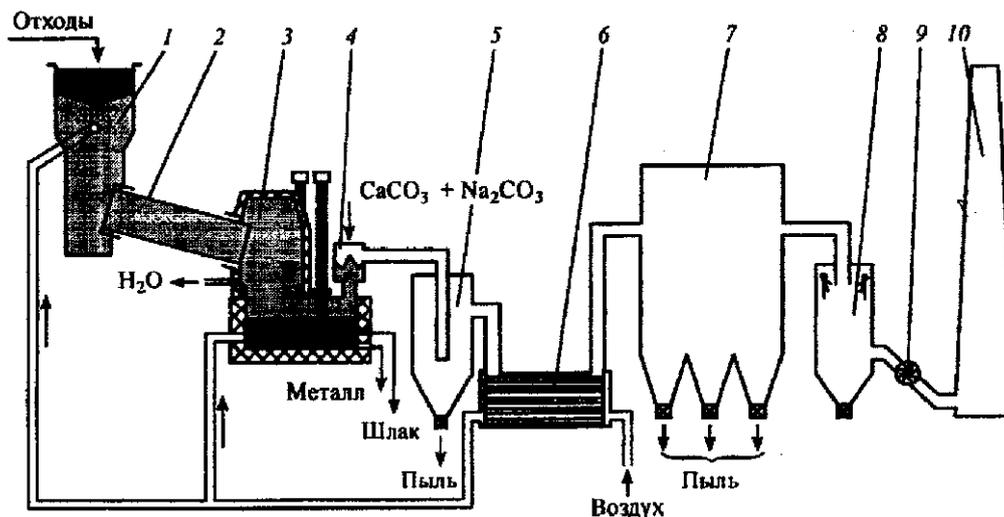
## 2. Термическое обезвреживание отходов производства

В настоящее время установки по плазменному обезвреживанию НШ находится в стадии разработки. Вне сомнения, физико-химические и каталитические свойства неравновесной низкотемпературной плазмы представляют интерес. В частности, в работах [11 - 12] экспериментально доказана каталитическая способность плазмы по конверсии углеводородов. Результаты по плазменному катализу процессов конверсии углеводородов представлены на рис. 1.



**Рис. 1** Зависимость степени конверсии этана  $\alpha$  в водород от энерговклада  $\epsilon$ ; кривая  $a$  – эксперимент с чисто тепловым вводом энергии; кривая  $b$  – эксперимент с разрядом [11].

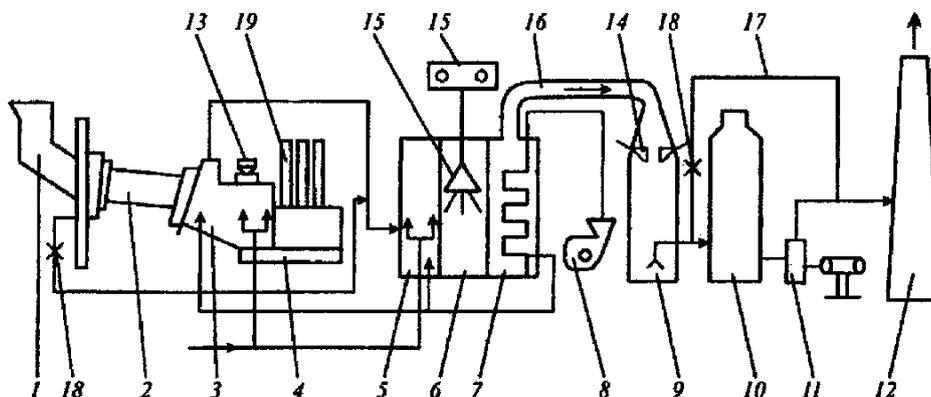
Представляют интерес плазменные установки, предназначенные для иных целей, принцип действия и компоновка которых близка к разрабатываемому способу утилизации нефтешламов. Например, это, разработанные авторами работы [13], установки термической переработки твердых бытовых отходов (рис.2, 3). Они содержат следующие узлы для реализации основных этапов технологического процесса: барабанную сушилку отходов, камеру высокотемпературной газификации и горения отходов, камеру электрошлаковой плавки зольного остатка. Через крышку последней камеры вводятся графитовые электроды, обеспечивающие горение электрических дуг между электродами и поверхностью жидкого шлака. За этот счет в печи развивается температура до  $1400-1500^\circ\text{C}$ . Система газоочистки включает следующие ступени: циклон-пылеуловитель, камера принудительного дожигания горючих остатков, камера “мокрой” нейтрализации  $\text{NO}_x$  (восстановление азота), электрофильтр, а также мокрый скруббер и фильтр-каплеуловитель. Теплообменник, включаемый между циклоном и электрофильтром или после камеры нейтрализации  $\text{NO}_x$ , представляет собой воздухоподогреватель.



**Рис. 2. Схема метода высокотемпературной переработки отходов ПИРОКСЭЛ.**

1 - бункер для перерабатываемых отходов; 2 - наклонная барабанная сушилка отходов; 3 - электродуговая печь с предвключенной пиролизной камерой, ванной шлакометаллического расплава, графитовыми электродами и системой выпуска жидких металла и шлака; 4 - реактор для подачи щелочных реагентов в поток дымовых газов; 5 - циклонный уловитель; 6 - теплообменник - воздухоподогреватель; 7 - электрофильтр; 8 - скруббер; 9 - дымосос; 10 - дымовая труба

Для переработки твердых отходов таких как, больничные, слаборadioактивные и другие смешанные токсичные отходы, авторы [14] разработали экспериментальную (до 100кВт) и пилотную (до 500 кВт) плазменные установки. Здесь отходы на обработку



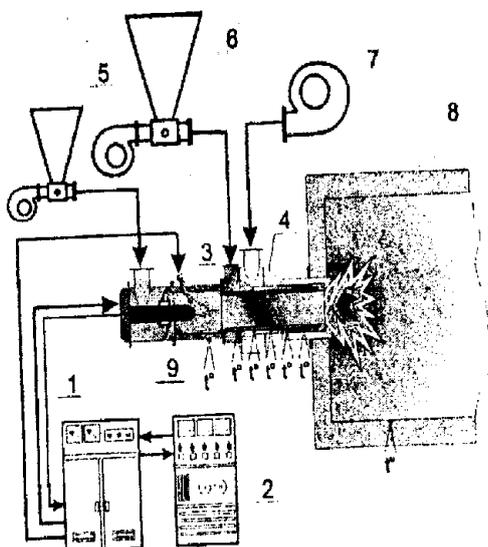
**Рис. 3. Схема переработки отходов и очистки дымовых газов.**

1 - бункер отходов; 2 - барабанная сушилка; 3 - пиролизная камера; 4 - электродуговая печь; 5 - камера дожигания отходящих пиролизных газов; 6 - камера нейтрализации кислотных компонент в дымовых газах; 7 - камера восстановления азота; 8 - воздуходувка; 9 - скруббер; 10 - фильтр; 11 - дымосос; 12 - труба дымовая; 13 - бункер (для сухих реагентов и угля); 14 - форсунки для разбрызгивания щелочного раствора; 15 - реагентное хозяйство; 16 - воздухоподогреватель; 17 - байпас; 18 - задвижки; 19 - графитовые электроды. подавались дискретно, упаковками от 1 до 5 кг.

Обе установки представляли собой камерную печь с подом для накопления расплава. Экспериментальная установка была оснащена воздушным струйным плазмотроном и могла работать только в периодическом режиме. Пилотная установка была оснащена воздушным плазмотроном, который работал как в струйном режиме, так и с вынесенной дугой, горящей на подовый электрод. Накопленный в ней расплав периодически удалялся через катод.

Температура в 1200-1600°C вблизи ванны расплава достигалась через 1,5-2 часа для экспериментальной установки и через 8-9 часов для пилотной. Расплав образуется при удельной мощности 1220-2100 кВт/м<sup>2</sup>. Также выяснилось, что время полного сгорания органики составило 7-10 минут; выделение летучих происходит за 2-3 минуты.

В работе [15] предлагается следующая модель плазменной установки (рис.4). Здесь плазменные потоки используются для высокотемпературного воспламенения и окисления твердых частиц органических топлив. В качестве генератора плазмы использован плазмотрон ПВР – 402, примененный в роли катода, анодом служит стержневой графитовый электрод. В ходе экспериментов мощность плазменного генератора колебалась от 30 до 50 кВт. В анализе проведенных испытаний авторы делают заключение о том, что незначительное время работы плазменного генератора (1 минута) обеспечивает после его отключения уже через 5-6 минут в топочном пространстве температуры стабильного воспламенения пылевидного топлива и запустить основной поток топливной смеси.



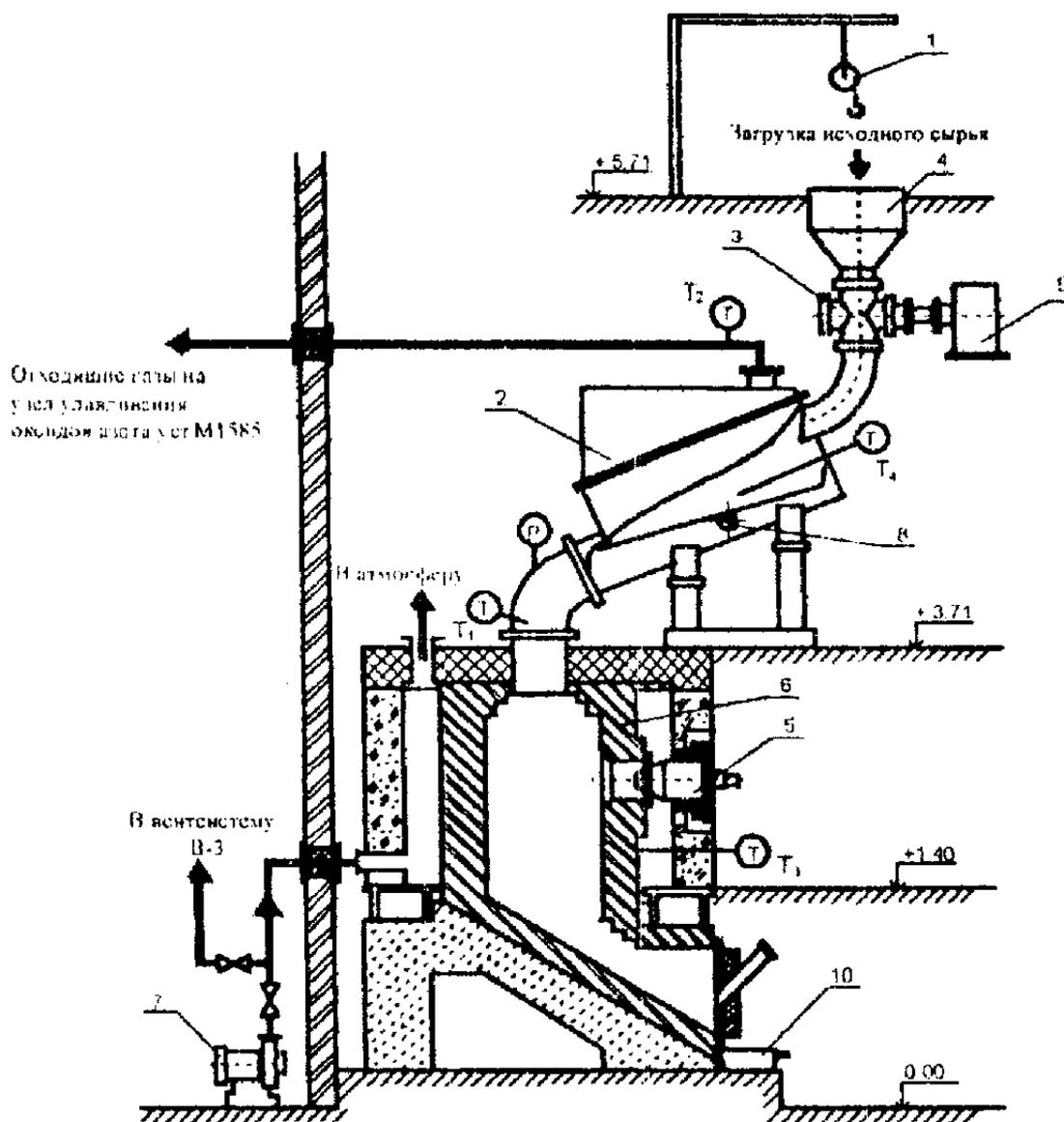
**Рис. 4. Принципиальная схема установки.**

1 - источник питания; 2 - пульт управления; 3 - плазмотрон; 4 - вихревая горелка; 5, 6 - питатели; 7 - вентилятор вторичного воздуха; 8 - топочная камера; 9 - термопары.

Определенный интерес вызывает установка, предложенная разработчиками [16]. Установка предназначена для термоукрепления глиняных гранул. Схема представлена на рис. 5. Здесь гранулированные частицы глиняного грунта с помощью грузоподъемного механизма (1) загружаются в бункер (4). Затем с помощью секторного затвора (3) гранулы дозируются на вибрационный желоб термокамеры (2), где происходит их предварительная тепловая обработка горячими отходящими газами. Вибрационный желоб, представляющий собой наклонный металлический лоток, совершает колебательные движения с помощью привода (9). Изменяя угол наклона виброжелоба и частоту вращения привода, можно регулировать время пребывания гранул на лотке виброжелоба. В термокамере происходит начальный процесс термоукрепления гранул. Для исключения потерь тепла в установке термокамера покрыта слоем теплоизоляции.

Из термокамеры гранулы под собственным весом ссыпаются в реактор обжига (6), в котором происходит дальнейший процесс их термоукрепления в потоках плазмы, генерируемой тремя электродуговыми плазмотронами (5). Реактор обжига представляет собой цилиндрическую камеру, на боковой стороне которой в одной плоскости через 120 градусов расположены плазмотроны. Нижняя часть камеры имеет форму наклонного желоба, снабженного люком выгрузки. Внутренняя часть реактора (футировка) выполнена из

огнеупорного кирпича, а наружная – представляет собой металлический кожух, заполненный теплоизоляционной крошкой. Для снятия избытка тепла с кирпичной кладки в полость между ними возможна подача охлаждающего воздуха вентилятором (7). Термоукрепленные гранулы накапливаются в нижней части реактора, где завершается процесс их укрепления. Обожженные гранулы выгружаются из реактора обжига в приемный поддон (10), где они охлаждаются. Отходящие с установки горючие технологические газы, выходя из термокамеры, направляются в узел улавливания оксидов азота установки. Суммарная потребляемая мощность всего оборудования установки – 310 кВт.



**Рис. 5. Аппаратурная схема установки M2152.**

1 - механизм грузоподъемный; 2 - термокамера; 3 - затвор секторный; 4 - бункер загрузки; 5 - электродуговой плазмотрон; 6 - реактор обжига; 7 - вентилятор; 8 - привод виброжелоба; 9 - привод затвора; 10 - поддон.

### 3. Описание плазмохимической установки.

Установка для плазмохимической утилизации нефтяных шламов в условиях плазмы ВЧ-факельного разряда. (см. рис. 6) состоит из высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13 (источника питания) **1** и технологического блока **2**.

Высокочастотный генератор ВЧГ8-60/13 размещён в экранированном металлическом шкафу, обеспечивающем надёжную защиту от электромагнитного излучения. Основные технические характеристики генератора ВЧГ8-60/13 приведены в таблице 1.

Табл. 1. Технические характеристики ВЧГ 8-60/13.

ВЕЛИЧИНА	Ед. изм.	Значение
Напряжение питающей сети	В	380
Частота питающей сети	Гц	50
Потребляемая мощность	кВт	90
Колебательная мощность	кВт	60±6
Рабочая частота	МГц	13,56±0,13
Коэффициент полезного действия	%	не менее 75
Напряжение анодное	кВ	10,4÷10,5
Ток анодный	А	7,6÷7,7
Ток сеточный	А	1,8
Расход охлаждающей воды	м <sup>3</sup> /ч	не менее 1,4

Технологический блок **2**, также как и генератор, выполнен в виде экранированного металлического шкафа, обеспечивающего надёжную защиту от электромагнитного излучения, включает следующие основные узлы: высокочастотный плазмотрон факельного типа **3**, плазмохимический реактор **4**, узлы «сухой» **5** и «мокрой» **6** очистки отходящих газов.

Высокочастотный плазмотрон **3** факельного типа предназначен для генерирования потоков воздушной плазмы с температурой до 4000К.

Узел «сухой» очистки **5** отходящих газов от высокодисперсных механических примесей (пыль) включает прямоточные циклоны и обеспечивает очистку отходящих газов от этих примесей до 96 ÷ 98 %.

Узел «мокрой» очистки **6**, включающий центробежно-барботажный аппарат, погружной водяной насос и вытяжной вентилятор, обеспечивает доочистку отходящих газов от высокодисперсных механических примесей (пыль) и вредных газообразных веществ.

Компрессор **7** предназначен для дозированной подачи плазмообразующего газа в высокочастотный факельный плазмотрон **3**.

### 4. ИНСТРУКЦИЯ

#### по охране труда при работе на плазмохимической установке на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13

##### 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.

1.1. К работе на плазмохимической установке (далее установка) допускаются лица, не моложе 18-ти лет, прошедшие медосмотр, инструктаж на рабочем месте, имеющие профессиональную подготовку, соответствующую характеру работ, прошедшие проверку знаний по вопросам охраны труда.

Периодичность повторного инструктажа один раз в квартал.

1.2. Работники, осуществляющие пуско-наладочные, ремонтные работы, периодические плановые осмотры, а также отработку плазмохимической технологии в электроустановках выше 1000 В, должны иметь IV группу по электробезопасности, остальные работники – группу III.

1.3. Все виды работ на установке производятся группой не менее 2-х человек, один из которых имеет IV квалификационную группу по электробезопасности (напряжение выше 1000 В).

1.3.1. ЗАПРЕЩАЕТСЯ работать на установке одному человеку и оставлять включенную установку без присмотра.

**1.3.2. Лабораторные работы со студентами проводятся только в присутствии и под руководством преподавателя**

1.4. Работы по наладке, настройке и регулированию технологических режимов работы установки производятся работниками в соответствии с настоящей инструкцией.

1.5. Все работы по наладке и настройке генератора производятся по письменному распоряжению и в соответствии с «Программой пуско-наладочных работ для генератора ВЧГ8-60/13».

1.6. Установка для плазмохимической утилизации нефтешламов состоит из высокочастотного генератора **1** (источника питания) и технологического блока **2**, которые размещены в металлических корпусах. Технологический блок включает следующие основные узлы: высокочастотный плазмотрон факельного типа, реактор, узлы «сухой» и «мокрой» очистки отходящих газов. Работа установки автоматизирована, управление работой всего технологического оборудования производится с пульта управления и контроля за технологическим процессом, питание которого производится от сети переменного тока напряжением 380В.

1.7. Все работники должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка.

1.8. На рабочем месте возле установки должна быть вывешена краткая инструкция по охране труда, в которой для работников указываются основные требования по безопасным приемам работы, а также требования к защитным, предохранительным и блокировочным устройствам.

1.9. Работа на установке характеризуется следующими вредными и опасными факторами, воздействие которых на работников может привести к несчастному случаю:

- а) высокое напряжение;
- б) электромагнитное излучение;
- в) ультрафиолетовое излучение;
- г) световое излучение;
- д) воздействие вредных веществ (например, окислов азота, серы, углерода и т. п.)

Во избежание несчастных случаев каждый работник должен строго соблюдать требования правил, норм и инструкций.

Для создания безопасных условий труда предусмотрены следующие меры защиты:

1.9.1. Токоведущие части установки изолированы, в результате чего находятся в недоступных для работающих местах. «Поджиг» высокочастотного электрического разряда в плазмотроне, требующий прикосновения проводником к электроду, автоматизирован, что исключает случайное прикосновение персонала к электроду.

Металлические части установки, которые могут вследствие повреждения изоляции оказаться под напряжением, заземлены. Замер сопротивления контура заземления производится ежегодно.

1.9.2. Установка размещена в металлических корпусах, экранирующих электромагнитное и ультрафиолетовое излучение. ЗАПРЕЩЕНО во время работы установки, открывать двери генератора и технологического блока. При соблюдении указанных мер излучение не превышает допустимого.

1.9.3. Смотровое окно на дверях технологического блока установки должно быть оснащено экранирующей металлической сеткой.

1.9.4. Установка оснащена вытяжной системой вентиляции, системой очистки отходящих газов, защищающих работников от вредных газообразных и конденсированных веществ, образующихся в процессе работы.

1.10. Защитные ограждения (открывающиеся и съёмные) должны иметь электромеханические блокировки, автоматически отключающие подачу напряжения на установку при их открывании.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ работать на установке при неисправных дверных блокировках, открытых дверях генератора и технологического блока установки.

1.11. Крепление блокировочных устройств должно быть надёжным, исключая случаи самооткрывания.

1.12. В случае прекращения подачи электроэнергии, во время перерыва в работе или в аварийной ситуации установка должна быть отключена от питающей сети.

1.13. Периодические осмотры и планово-предупредительные ремонты генератора, производятся по графикам, утверждённым руководителем работ.

1.14. Осмотр и ремонтные работы на установке производить при её полном отключении от источников питания. При этом необходимы:

а) видимый разрыв в виде отключения разъединителя входного рубильника с последующим снятием предохранителей;

б) на приводах (рукоятках приводов) коммутационных аппаратов во избежание подачи напряжения на рабочее место должны быть вывешены плакаты «НЕ ВКЛЮЧАТЬ, РАБОТАЮТ ЛЮДИ»;

г) проверка отсутствия напряжения на отходящих кабельных линиях питающих установку;

д) заземление конденсаторных установок.

1.15. Установка должна быть обеспечена следующими защитными средствами:

а) штанга оперативная на напряжение до 35 кВ – 1 шт.;

б) указатель напряжения УВН-110 на напряжение до 20 кВ – 1 шт.;

в) клещи токоизмерительные К4570/1Ц – 1 шт.;

г) диэлектрические перчатки – 2 пары;

д) диэлектрические боты – 1 пара;

е) диэлектрические коврики 2 шт.;

ж) переносное заземление ЗПП-15 – 1 шт.;

з) защитные очки – 2 пары;

и) щипцы (пассатижи) – 1 шт.;

к) халаты – 2 шт.

1.16. Все работники обеспечиваются спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты.

1.17. В случае травмирования работников необходимо оказать доврачебную помощь, если необходимо, вызвать скорую помощь по тел. 03, сообщить руководителю работ.

1.18. Запрещено принимать пищу на рабочем месте.

1.19. Лица, виновные в нарушении требований инструкций по охране труда, несут ответственность в соответствии с законодательством РФ.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ.

2.1. Привести в порядок рабочую одежду, застегнуть рукава, провести внешний осмотр установки, проверить наличие и надёжность заземления и защитных средств.

2.2. Проверить наличие и исправность:

а) предохранительных устройств;

б) блокирующих устройств;

в) наличие напора воды в водопроводе;

г) работу компрессоров;

д) системы мокрой очистки отходящих газов;

2.3. Результаты осмотра и принятые меры по ликвидации выявленных нарушений техники безопасности заносятся в рабочий журнал установки.

При осмотре обращать внимание:

а) на безотказность работы всех блокирующих устройств, обеспечивающих безопасные условия работы персонала, необходимую чёткость и очередность включения всех элементов генератора и установки в целом;

б) на надёжность экранирования и заземления корпуса генератора и технологического блока и компрессора;

- в) на чистоту контактов пускорегулирующей аппаратуры;
- г) на отсутствие пыли на токоведущих частях и изоляторах.

При обнаружении неисправностей блокировочных устройств до их устранения установку включать категорически **ЗАПРЕЩАЕТСЯ**.

2.4. Запрещается работать на установке при обнаружении каких-либо неисправностей работы оборудования, отсутствии защитных средств или истечении сроков их годности.

2.5. Необходимо внимательно ознакомиться с плановым заданием на проведение работ на установке, наличием и состоянием исходных материалов (сырья) и безопасным обращением с ними.

2.6. Персоналу до полного ознакомления с плановым заданием работ на установке категорически **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** включать и выключать рубильники, выключатели, открывать и закрывать вентили, краны, открывать крышки приборов, крутить рукоятки и т.п.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ.

3.1. Для исключения аварийных ситуаций, для безопасного выполнения работ необходимо строго соблюдать указанную последовательность запуска установки:

3.1.1. Включить в генераторе автоматические выключатели **F1, F2**.

3.1.2. Поставить в генераторе переключатель мощности в положение 50 или 100 % (в соответствии с плановым заданием).

3.1.3. Закрывать все двери генератора и технологического блока.

3.1.4. Включить рубильник **Q1** на генераторном блоке.

3.1.5. Включить рубильник на питающем щите, при этом включается вентилятор воздушного охлаждения генераторной лампы.

3.1.6. Подать охлаждающую воду общим краном на водяном коллекторе, при этом на генераторе загорится сигнальная лампа «**ОХЛАЖДЕНИЕ**».

3.1.7. Включить на генераторе первую ступень накала кнопкой **S2**. Через 40 сек кнопкой **S1** включить вторую ступень накала. Загорается белая сигнальная лампа «**БЛОКИРОВКА АНОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ**».

3.1.8. Поставить на генераторе тумблер **S10** на генераторном блоке в положение «**РУЧНАЯ РАБОТА**».

3.1.9. Включить систему «мокрой» очистки отходящих из реактора газов **6**.

3.1.10. Включить компрессор **7** и подать в плазмотрон **3** плазмообразующий газ.

3.1.11. Нажатием кнопки **S3** на генераторе включить «**НАГРЕВ**» и подать высокое напряжение на электрод плазмотрона, одновременно «поджечь» разряд в плазмотроне **7** с помощью автоматического устройства.

3.2. Во время работы установки запрещается открывать, снимать ограждения, отключать предохранительные и блокирующие устройства. Все работы производить при закрытых дверях генератора и технологического блока.

3.3. Во время работы установки следить за индикаторными лампами «**ОХЛАЖДЕНИЕ**», «**НАКАЛ**», «**НАГРЕВ**» на генераторе и датчиками расхода плазмообразующего газа, охлаждающей воды на пульте управления технологического блока.

3.4. Периодически снимать режимные параметры работы установки и заносить их в рабочий журнал. При необходимости производить корректировку этих параметров в соответствии с плановым заданием.

3.5. Во время работы установки следить за сигнальной лампой режима «**РАБОТА**», расположенной на пульте управления и контроля за технологическим процессом, при сбое технологического режима, автоматически выключается режим «**НАГРЕВ**» генератора и электроприводы подачи шлама, что сопровождается сигналом звонка.

3.6. В случае возникновения аварийной ситуации: локальный прогар стенок реактора при «закорачивании» высокотемпературного канала высокочастотного факельного разряда на металлическую поверхность внутренних стенок реактора, – термомпара показывает всплеск температуры, необходимо выполнить требования п.4.

#### 4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.

- 4.1 В случае возникновения аварийной ситуации необходимо незамедлительно кнопкой **S5** отключить подачу высокого напряжения на установку.
- 4.2 Кнопкой **S4** отключить накал генераторной лампы.
- 4.3. Не менее, чем через 10 минут после отключения накала, перекрыть кран на водяном коллекторе, подающим охлаждающую воду.
- 4.4. Не менее, чем через 10 минут после отключения накала, отключить вентилятор обдува генераторной лампы рубильником **Q1**.
- 4.5. Отключить компрессор **7** и прекратить подачу плазмообразующего газа в плазмотрон **3**.
- 4.6. Не менее, чем через 10 минут после отключения накала, отключить систему мокрой очистки отходящих из реактора газов **6**.
- 4.7. Отключить трёхфазный рубильник на питающем щите.
- 4.9. Принять меры по ликвидации аварии, немедленно сообщить руководителю работ.
- 4.10. В случае травмирования работников, немедленно после вызова скорой помощи по тел. 03, приступить к оказанию доврачебной помощи, сообщить руководителю работ.
- 4.11. Устранить воздействие на организм пострадавшего повреждающих факторов, угрожающих его здоровью и жизни (освободить от действия электрического тока, погасить горящую одежду); вывести пострадавшего на свежий воздух, обеспечить полный покой, усадить в удобное кресло или уложить, предохраняя от охлаждения.
- 4.12. *При поражении электрическим током* необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от действия электрического тока, так как от продолжительности этого действия зависит тяжесть электротравмы, поэтому необходимо немедленно отключить ту часть установки, которой касается пострадавший.
- Если невозможно произвести быстрое отключение установки, то необходимо отделить пострадавшего от токоведущих частей (палкой, доской, оттянуть за полы пиджака, руками, обмотанными шарфом и т. п.)
- 4.13. После освобождения пострадавшего от действия повреждающих факторов необходимо оценить его состояние:
- а) сознание: ясное, отсутствует;
  - б) дыхание: нормальное, отсутствует;
  - в) пульс на сонных артериях: хорошо определяется, плохо определяется.
- 4.14. Если пострадавший находится в сознании, но до этого был в обмороке с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, следует выполнить следующие действия:
- а) уложить пострадавшего на подстилку, например из одежды;
  - б) расстегнуть одежду, стесняющую дыхание;
  - в) обеспечить приток свежего воздуха;
  - г) освободить помещение от посторонних людей и создать полный покой, наблюдая за пульсом и дыханием.
- 4.15. Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, но у него прощупывается пульс, необходимо сразу же начать делать искусственное дыхание. Для этого, прежде всего, необходимо обеспечить проходимость верхних дыхательных путей (пальцем, обвёрнутым бинтом или тканью удалить из полости рта инородное содержание). Затем оказывающий помощь располагается сбоку от головы пострадавшего, одну руку подсовывает под пострадавшего, а ладонью другой руки надавливает на его лоб, запрокидывая голову. Оказывающий помощь делает глубокий вдох открытым ртом, плотно охватывает губами открытый рот пострадавшего и делает энергичный выдох, с некоторым усилием вдувая воздух в его рот; одновременно он закрывает нос пострадавшего щекой. Как только грудная клетка поднялась, нагнетание воздуха приостанавливают.
- 4.16. Если у пострадавшего отсутствует сознание, дыхание, пульс, кожный покров синюшный, необходимо немедленно кроме искусственного дыхания делать наружный массаж сердца.

Оказывающий помощь располагается сбоку от пострадавшего, и, наклонившись, делает два быстрых вдувания, затем поднимается, оставаясь на этой же стороне от пострадавшего, ладонь одной руки кладёт на нижнюю половину грудины (отступив на два пальца выше от её нижнего края), а пальцы приподнимает. Ладонь второй руки он кладёт поверх первой, поперёк или вдоль и надавливает, помогая наклоном своего корпуса.

Надавливание следует производить быстрыми толчками, так чтобы смещать грудину на 4 - 5 см, продолжительность надавливания не более 0,5 с. За 1 минуту необходимо сделать не менее 60 надавливаний и 12 вдуваний.

4.17. *Первая помощь при ожогах:* на обожжённый участок кожи наложить стерильную повязку. Нельзя обожжённый участок кожи смазывать мазями, присыпать питьевой содой, вскрывать пузыри, удалять прилипшие вещества. Обожжённое лицо необходимо закрывать стерильной марлей.

При ожогах глаз ультрафиолетовым излучением разряда следует делать холодные примочки из раствора борной кислоты ( $\frac{1}{2}$  чайной ложки на 1 стакан воды).

При обширных ожогах кожи пострадавшего необходимо завернуть в чистую простынь, не раздевая, напоить тёплым чаем и создать покой до прибытия врача.

## 5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТ.

5.1. Через 5 – 10 минут кнопкой **S5** отключить подачу высокого напряжения на установку.

5.2. Кнопкой **S4** отключить накал генераторной лампы.

5.3. Не менее, чем через 10 минут после выключения накала, перекрыть кран на водяном коллекторе, подающим охлаждающую воду.

5.4. Не менее, чем через 10 минут после выключения накала, выключить вентилятор обдува генераторной лампы рубильником **Q1**.

5.5. Отключить компрессор **7** и прекратить подачу плазмообразующего газа в плазмотрон **3**.

5.6. Не менее, чем через 10 минут после выключения накала, отключить работу системы «мокрой» очистки отходящих из реактора газов **6**.

5.7. Поставить в исходное положение все переключатели.

5.8. Выключить трёхфазный рубильник на питающем щите.

5.9. Привести в порядок рабочее место.

5.10. О замеченных неисправностях сообщить руководителю работ и занести в рабочий журнал.

## 5. Требования к содержанию отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Цель проведения работы.

2. Краткое описание промышленных термических способов утилизации нефтяных шламов.

3. Структурную схему лабораторной плазмохимической установки для плазмохимической утилизации нефтяных шламов в условиях плазмы ВЧ-факельного разряда.

4. Графические результаты расчетов равновесных составов продуктов плазмохимической утилизации нефтяных шламов в условиях плазмы ВЧ-факельного разряда.

5. Табличные и графические результаты расчетов удельных энергозатрат на процесс плазмохимической утилизации нефтяных шламов в условиях плазмы ВЧ-факельного разряда.

6. Табличные и графические результаты экспериментального изучения режимов плазмохимической утилизации нефтяных шламов в условиях плазмы ВЧ-факельного разряда. Обработка и анализ полученных результатов. Выбор оптимальных режимов проведения процесса.

7. Выводы.

## 6. Порядок выполнения работы.

### Теоретическая часть.

1. При помощи программного комплекса «Астра-3» определить равновесные составы продуктов плазмохимической утилизации нефтяных шламов в условиях плазмы ВЧ-факельного разряда при следующих исходных значениях:

Плазмообразующий газ: воздух; воздух – водяной пар.

Интервал рабочих температур: 300 ... 4000 К

Давление: 0.1 МПа

Состав нефтешлама: 1. Нефтепродукты (  $C_{22}H_{30}S_{0,1}N_{0,2}O_2$  ) – 50 ... 60%

2. Вода (  $H_2O$  ) - 5 ... 10%

3. Механические примеси (  $SiO_2$  ) - 30 ... 45%

Таблица 2. исходные данные для расчетов.

Варианты	Состав исходной смеси,% масс	
	Нефтешлам	Воздух (79%N <sub>2</sub> + 21%O <sub>2</sub> )
1	100	0
2	80	20
3	50	50
4	20	80

2. Определить общие  $\mathcal{E}_{\text{общ}}$  и удельные  $\mathcal{E}_{\text{уд}}$  теоретические энергозатраты на исследуемый процесс.:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = H_T - H_{300}$$

$$\mathcal{E}_{\text{уд}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{общ}}}{C_{NO}}$$

3. Полученные данные ( $\mathcal{E}_{\text{общ}} = f(T)$ ) в ( $\mathcal{E}_{\text{уд}} = f(T)$ ) представить в виде таблиц и графиков.

4. Определить оптимальные условия проведения процесса.

### Практическая часть

В металлический (кварцевый) тигель, установленный на асбестовую ткань на лабораторные весы (ВЛ-Э134) вносится заданное количество предварительного подготовленного нефтешлама ( $m_0 = 20\text{г.}$ ). Затем тигель устанавливался на термостойкую подставку и с помощью изолирующего устройства помещается под воздушно плазменную струю, где выдерживается в течении одной минуты. После этого, с помощью этого же устройства тигель изымается и с помощью захвата устанавливается на лабораторные весы, которые фиксируют потерю веса образца за 1 минуту. Затем тигель вновь помещается под плазменную струю, и процесс повторяется. Результаты опытов свести в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты опытов.

№ опыта	Потеря веса образца, $\Delta m$ , г / %						
	1 мин.	2 мин.	3 мин.	4 мин.	5 мин.	6 мин.	7 мин.
1							
2							
3							
4							
5							
6							

7							
m(ср)							
K(a)S(x)							
m(ср),%							
K(a)S(x),%							

Математическая обработка и представление результатов экспериментальных исследований процесса плазмохимической утилизации нефтяных шламов .

1. Определить среднюю квадратичную погрешность серии измерений ( $n = 7$ ) по следующей формуле:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\Delta(\Delta m_i)]^2}{n(n-1)}} ,$$

где  $\Delta(\Delta m_i) = \Delta m_{ср} - \Delta m_i$  - абсолютная погрешность измерения потери веса образца.

Величина доверительного интервала при измерении потери веса образца определяется соотношением:

$$\Delta m = K_a \cdot S_x \cdot K_a = 4,4 .$$

Результаты обработки данных свести в таблицу 3.

По полученным результатам построить экспериментальную зависимость потери веса образцов нефтешлама от времени нахождения в условиях плазмы ВЧ-факельного разряда. Провести анализ полученных результатов. Определить оптимальные условия проведения процесса утилизации нефтяных шламов. Сделать выводы.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Пархоменко В.Д., Цыбулев П.Н., Краснокутский Ю.И. Технология плазмохимических производств. – Киев: Выща школа, 1991. – 253с. (НТБ – 2 экз., кафедра ТФ – 1 экз.).
2. Туманов Ю.Н. Низкотемпературная плазма и ВЧ электромагнитные поля в процессах получения материалов для ядерной энергетики – М.: Атомиздат, 1989. – 276с. (НТБ – 2 экз., кафедра ТФ – 1 экз.).
3. Давыдов В.И., Гамрекели М.Н., Добрыгин Л.Г. Термические процессы и аппараты для получения окислов редких и радиоактивных металлов. – М.: Атомиздат, 1977. – 270с. (НТБ – 2 экз., кафедра ТФ – 1 экз.).
4. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы – Л.: Химия, 1981. – 248с. (НТБ – 2 экз., кафедра ТФ – 1 экз.).
5. Каренгин А.Г. Диссертация на спецтему. – Томск: ТПИ, 1980. – 184с. (кафедра ТФ – 1 экз. инв.№3592).
6. Артамонов А.Г., Володин В.М., Авдеев В.Г. Математическое моделирование и оптимизация плазмохимических процессов.– М.: Химия, 1989. – 224с. (НТБ – 2 экз., кафедра ТФ – 1 экз.).
8. Сабуров В.П., Черепанов А.И., Жуков М.Ф. Плазмохимический синтез ультрадисперсных порошков и их применение. – Новосибирск: Наука, 1995. т.12–339с. (НТБ – 2 экз., кафедра ТФ – 1 экз.).

9. Физикохимия ультрадисперсных систем. // Сборник научных трудов IV Всероссийской конференции. – М.: МИФИ, 1999. – 336с. (НТБ – 2 экз., кафедра ТФ – 1 экз.).
10. Туманов Ю.Н. Электротермические реакции в современной химической технологии – М.: Наука, 1981. – 230с. (НТБ – 2 экз., кафедра ТФ – 1 экз.).
11. Бабарицкий А.И., Баранов И.Е., Демкин С.А. и др. Плазменный катализ процессов конверсии углеводородов // Химия высоких энергий. – 1999. – том 33. - №6. – стр. 458-462
12. Яковлев Е.А., Пластинин Б.Г., Полак Л.С., Попов В.Т. Высокотемпературная конверсия жидкого углеводородного сырья в паровоздушной среде // Химия высоких энергий. – 1982. – том 16. - №5. – стр. 454-457.
13. Попов А.Н., Волохонский Л.А. Использование электрометаллургических технологий для переработки твердых бытовых, медицинских и промышленных отходов // Сталь. – 1995. -№9. – стр. 69-71
14. Жуков М.Ф., Багрянцев Г.И., Ващенко С.П., Пак Х.С. и др. Плазмотермическая переработка твердых отходов // Нетрадиционные технологии в строительстве. Материалы международного научно-технического семинара. Часть 1. – Томск. – 1999.- стр. 72-74
15. Шиляев А.М., Волокитин Г.Г., Луков В.А. Плазменный розжиг пылевоздушного топлива в печах сушильных агрегатов // Нетрадиционные технологии в строительстве. Материалы международного научно-технического семинара. Часть 1. – Томск. – 1999.- стр. 78-81
16. Ефименко В.Н., Чарыков Ю.М. и др. Плазменная установка для термоукрепления глиняных гранул // Нетрадиционные технологии в строительстве. Материалы международного научно-технического семинара. Часть 1. – Томск. – 1999.- стр. 135-146.