



**ВСЕЛЕННАЯ
БЕЛОГО МЕДВЕДЯ**
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



ПРАВИТЕЛЬСТВО
ЧУКОТСКОГО АВТОНОМНОГО
ОКРУГА



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ
РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Название доклада: Термическая утилизация
мусорных свалок в Арктической зоне Якутии
и водных растворов токсичных веществ**

**Докладчик: СЕМЕНОВ Василий Васильевич,
д.т.н., профессор
ГРАФКИНА Марина Владимировна, д.т.н., проф.
Московский технический университет
ЖДАНОВ Владимир Игоревич, к.т.н., доцент
Московский авиационный институт, МАИ**



Цель работы

Разработка мобильной малогабаритной мусоросжигательной печи с дополнительной камерой дожигания, предназначенной для термической утилизации твердых бытовых отходов, образующихся в малонаселенных пунктах России, а также для нейтрализации токсичных веществ, предварительно растворенных в воде.

Задачи работы

- **Обзор способов утилизации твердых бытовых отходов (ТБО);**
- **Изучение процесса двухзонного, двухстадийного горения ТБО в печи;**
- **Разработка технологической схемы утилизации ТБО в малонаселенных пунктах России;**
- **Разработка способа термической нейтрализации токсичных веществ, предварительно растворенных в воде.**



Актуальность работы В арктической зоне, куда входят также 13 муниципалитетов Республики Саха (Якутия), важной проблемой является утилизация объектов накопленного экологического вреда в виде сотен несанкционированных свалок твердых отходов. В отдаленных районах не только Якутии, но и всей России из-за сложной транспортной доступности термическое обезвреживание зачастую представляется единственно возможным решением проблемы. В связи с этим вопрос эффективной утилизации свалок актуален для удаленных от крупных городов малонаселенных пунктов России.

Новизна работы: Разработана для термической утилизации мусорных свалок малогабаритная печь с двухзонным, двухстадийным горением. При этом две зоны горения ТБО обеспечиваются за счёт установки на печи камеры дожигания, а две стадии горения – путём подачи дополнительного воздуха в камеру дожигания, благодаря которому за счет досжигания остатков недосгоревшего твердого топлива повышается температура горения до 1300 °С, в результате чего происходит полное окисление токсичных веществ, например, диоксина.

Предложен также способ термической нейтрализации токсичных веществ, суть которого заключается в подаче с помощью 3-компонентной форсунки водного раствора токсичного вещества в ядро пламени в печи. Далее пары токсичного вещества помещаются в зону высоких температур (1300 °С) в камере дожигания на 4 ÷ 5 сек, где происходит их нейтрализация.

Разработана для одновременной подачи в печь жидкого топлива и водного раствора токсичного вещества 3-компонентная форсунка, состоящая из эмульсионной и шнековой форсунок.

Проблема мусорных свалок в Якутии

В Арктическую зону России входит 9 регионов. На долю Якутии приходится около 1/3 Арктической зоны России. Примерно, 40% территории Якутии расположены за Полярным кругом. В каждом населенном пункте есть своя свалка. Многие площадки для размещения ТКО не соответствуют существующим требованиям и относятся к несанкционированным мусорным свалкам. Эти свалки являются источниками антропогенного воздействия на окружающую среду и, как следствие, оказывают негативное влияние на здоровье местных жителей.

Барьерами для внедрения «мусорной реформы» в Якутии являются региональные особенности: малонаселенность; труднодоступность; отдаленность населенных пунктов друг от друга.

Существующие барьеры делают зачастую термическую утилизацию ТКО единственным возможным решением данной проблемы.

Одной из основных проблем при сжигании ТКО является образование диоксинов. Они являются высокотоксичными веществами и могут вызвать у человека изменения в работе иммунной системы и онкологические заболевания. При нагревании хлор- и бромсодержащих органических веществ диоксины образуются в интервале температур $500 \div 1200$ °С. Максимальное их образование приходится на $600 \div 700$ °С.

Эффективное снижение диоксинов в отходящих газах происходит при температурах выше 1250 °С и при выдержке более 2 сек.



Малогабаритные печи для термическим утилизации ТБО



Печь «Форсаж»



Печь двухкамерная



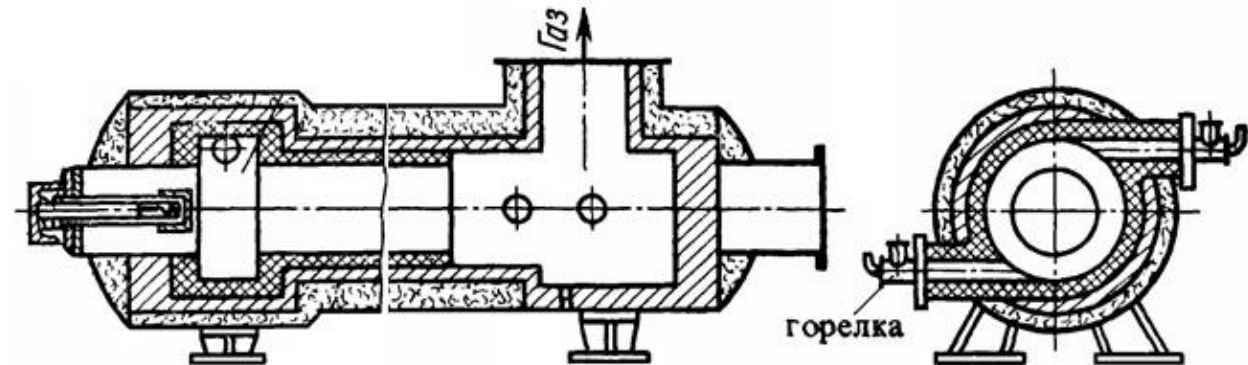
Печь с колосниковой решеткой



Роторная печь

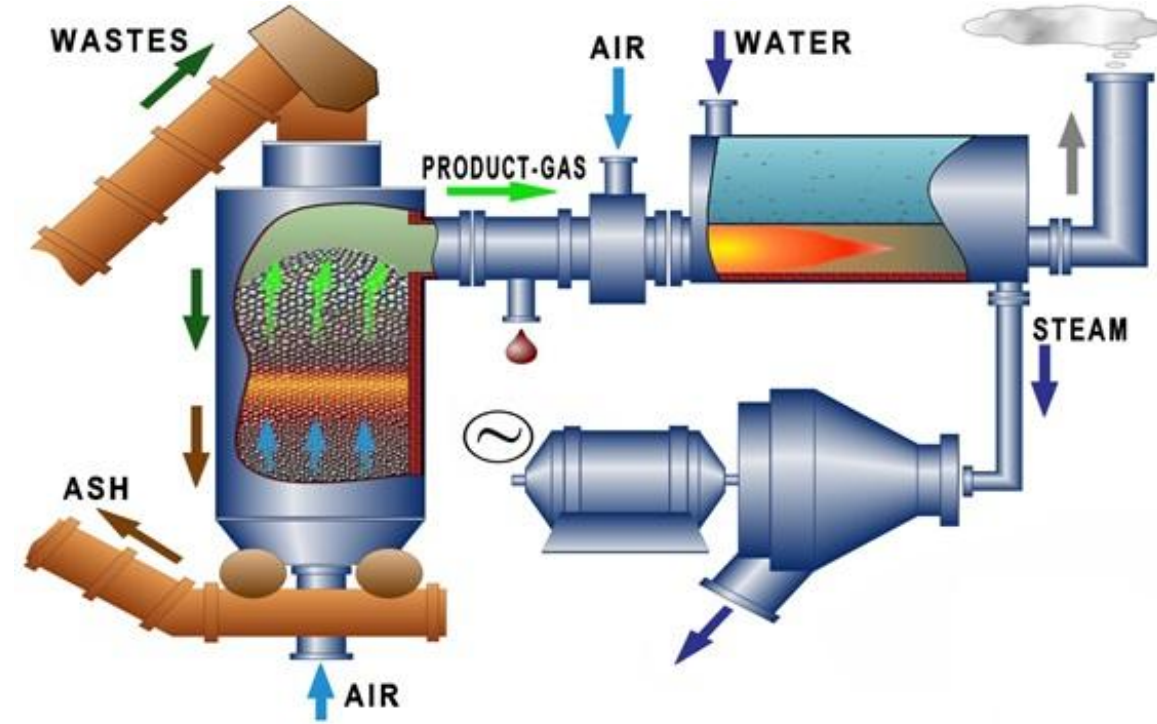


Русская печь



Печь циклонная

Барabanная печь в Черноголовке, Моск. обл. Институт проблем ХФ РАН, С.М. Алдошин



Комплекс МФТИ ТУС-500 рассчитан на безотходную утилизацию ТКО для населенных пунктов с 8 - 10 тыс. жителей. Комплекс состоит из 4-х модулей, которых можно транспортировать на автомобильных платформах.

1. Модуль приёма и измельчения отходов.
2. Модуль сушки и подачи отходов на газификацию.
3. Модуль газификации
4. Модуль дожигга газа – котёл.

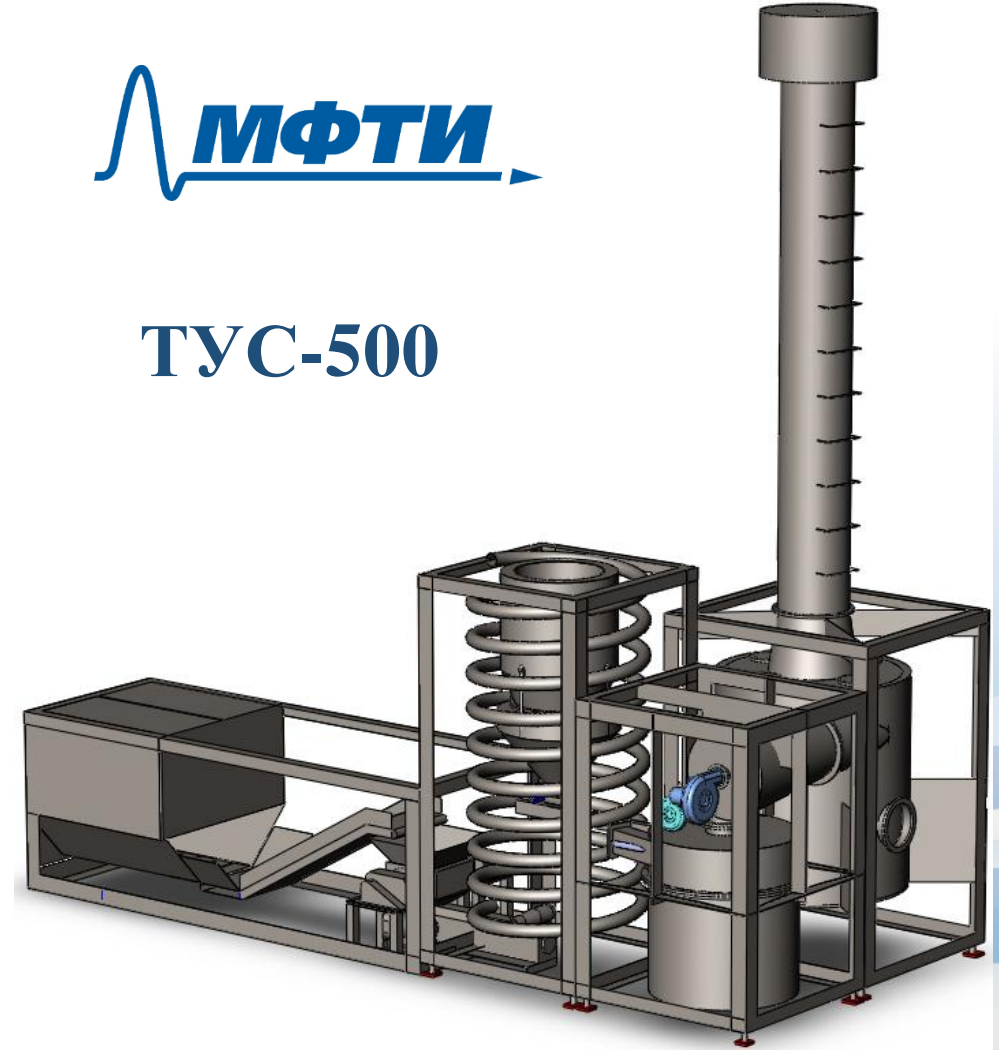
Реактор представляет собой тепло-массообменный агрегат со специально выделенными реакционными зонами, позволяющими проводить глубокую конверсию материалов в высококалорийный синтез-газ.

Технология вихревой газификации ТБО с последующим использованием синтез-газа в паровых котлах гарантирует отсутствие опасных выбросов.

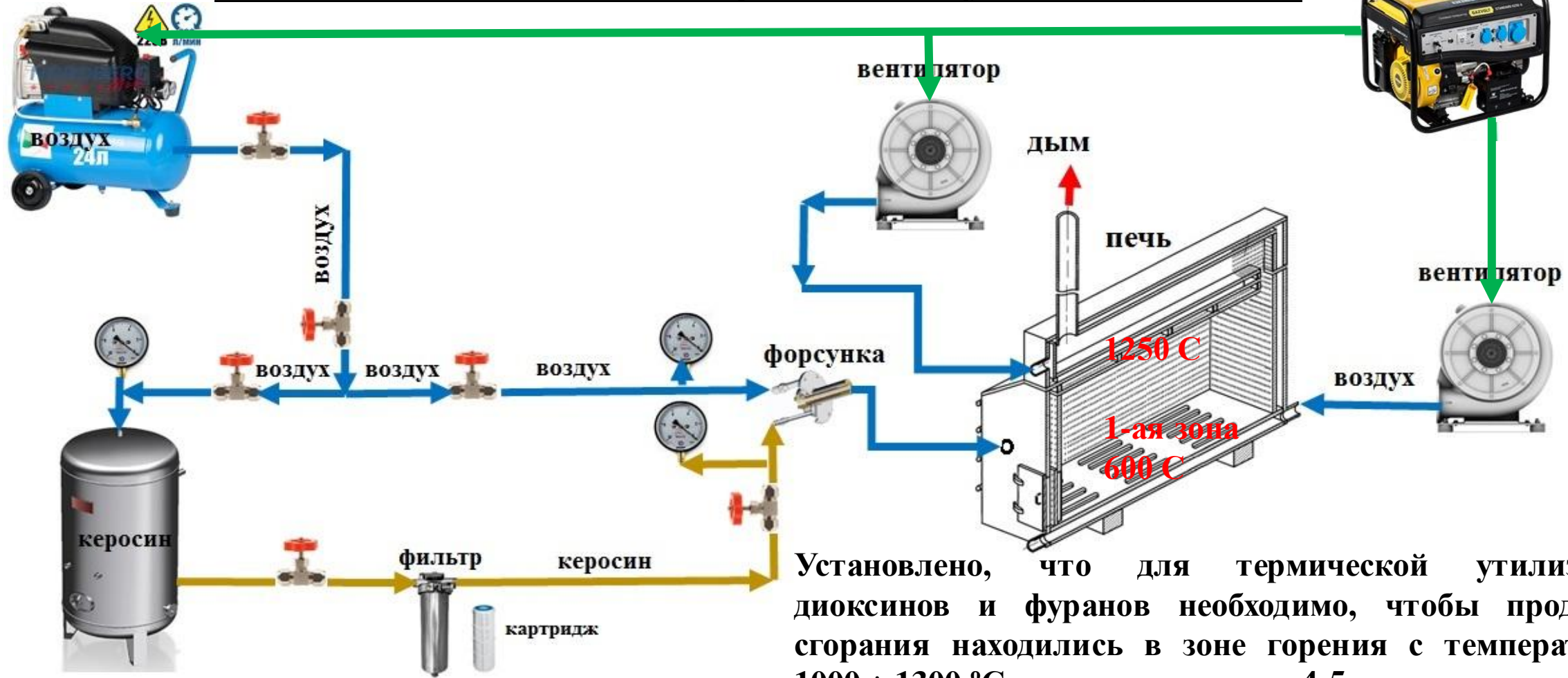
Габариты Комплекса д:ш:в 10500:4600:4600 мм
Общая масса 15,6 тонн
Общее энергопотребление 98,5 кВт



ТУС-500



Технологическая схема термической утилизации ТБО



Установлено, что для термической утилизации диоксинов и фуранов необходимо, чтобы продукты сгорания находились в зоне горения с температурой $1000 \div 1300 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение не менее 4-5 сек.

Малогабаритная мусоросжигательная печь

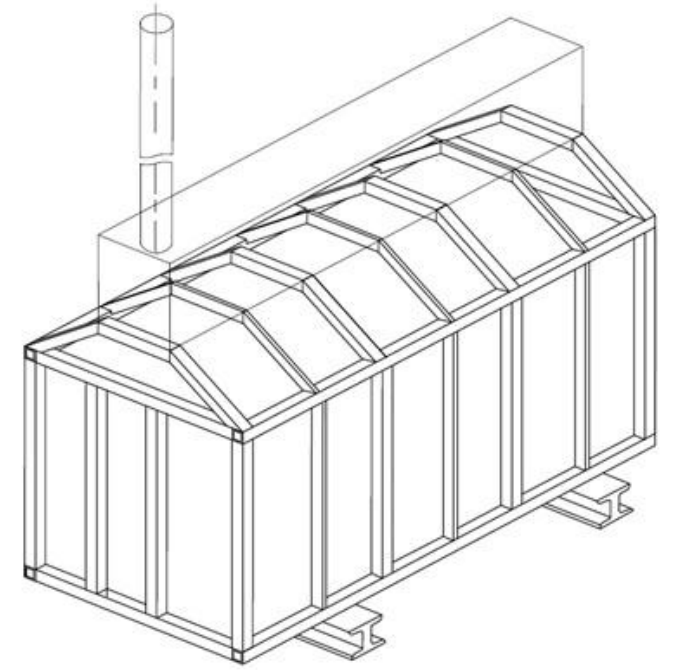
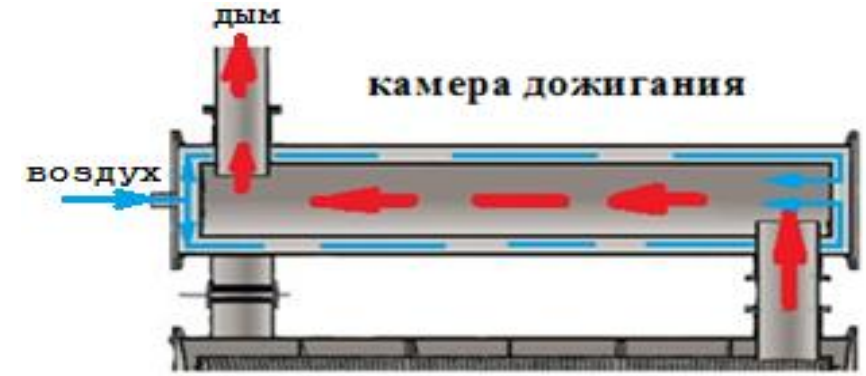
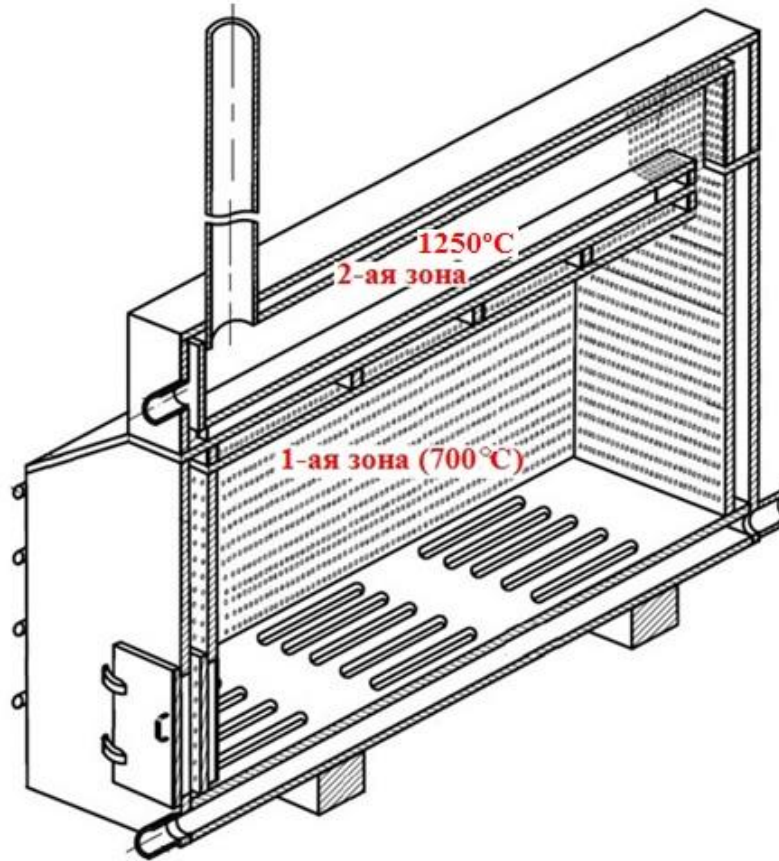


Габаритные размеры печи:

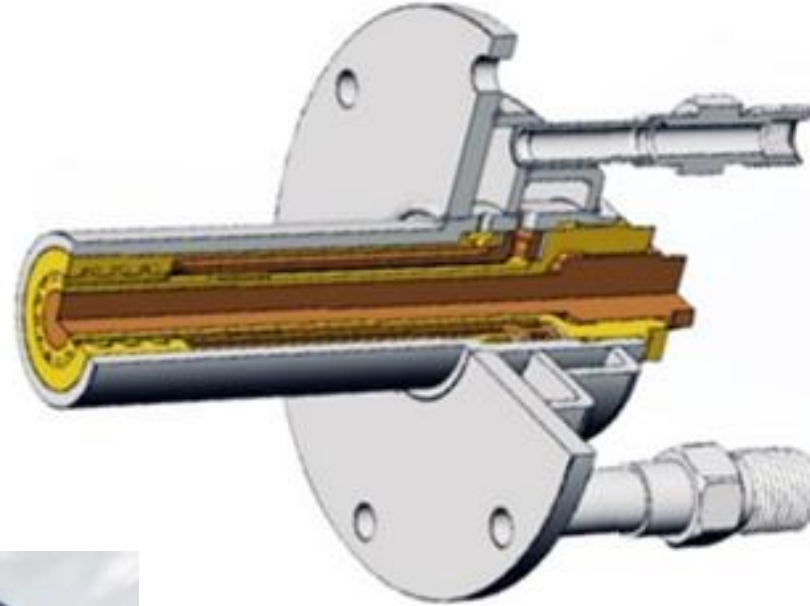
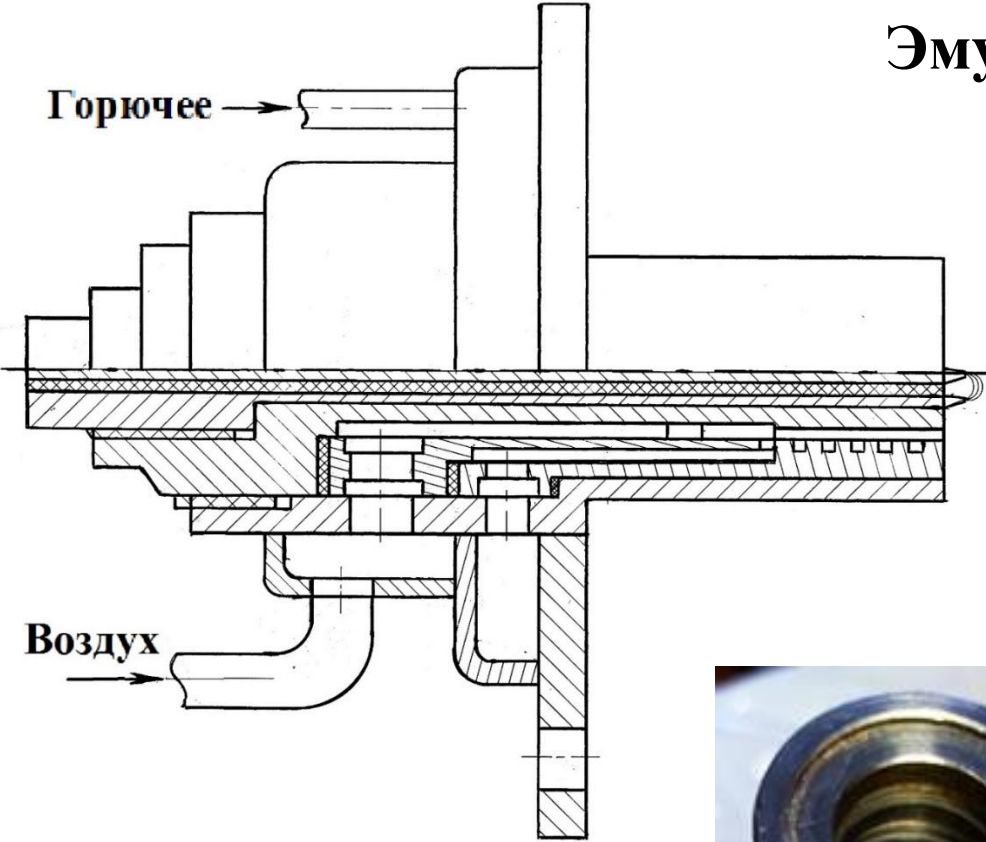
Длина: 3000 мм

Ширина: 2000 мм

Высота: 2800 мм



Эмульсионная форсунка



Эмульсионная форсунка



Факел распыла газожидкостной форсунки с прямоточными каналами



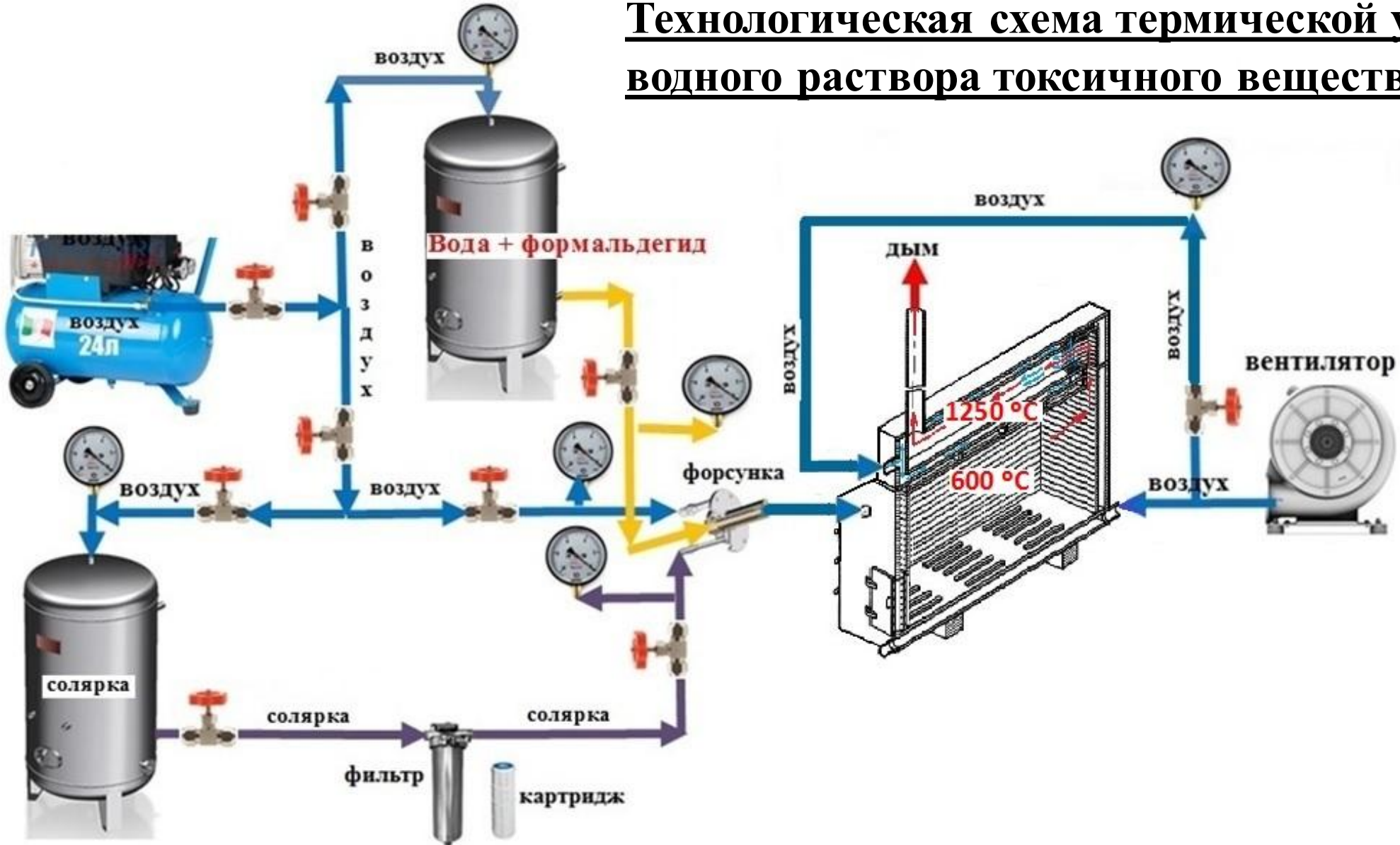
Факел распыла эмульсионной форсунки со шнеками ($\beta=75^\circ$)



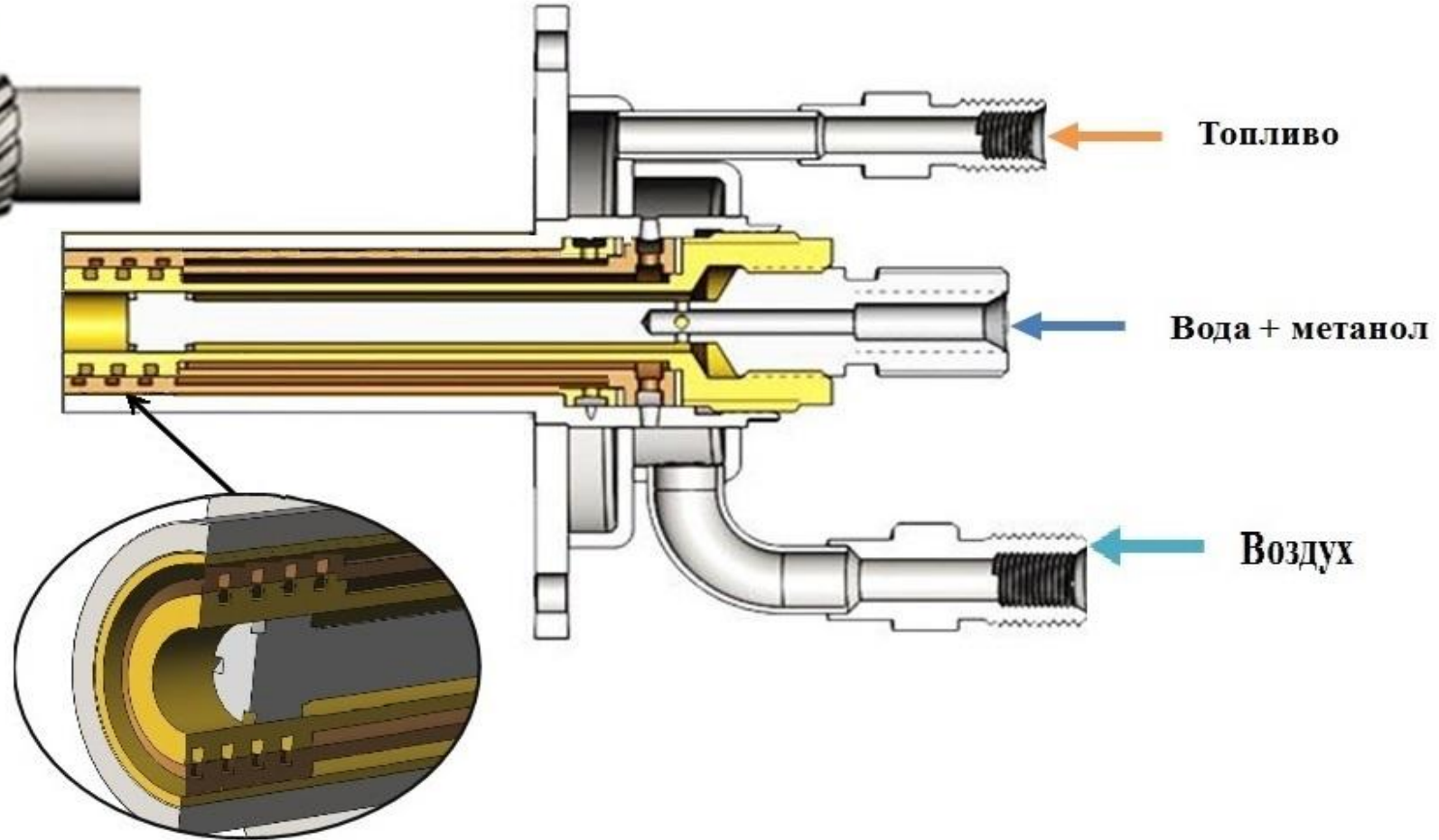
Факел распыла эмульсионной форсунки со шнеками ($\beta=35^\circ$)



Технологическая схема термической утилизации водного раствора токсичного вещества



Трёхкомпонентная форсунка



Трёхкомпонентная форсунка

Средний диаметр капли по Заутеру -
оценка мелкости распыления капель
жидкости топливными форсунками
при горении горючей смеси

$$D_{32} = \frac{6 \cdot V_{\text{общ.}} (\text{Объём всех капель})}{S_{\text{общ.}} (\text{Площадь поверхности всех капель})}$$

$D_{32} = 100$ мкм при $\Delta p = 1 \div 1,5$ атм.



Испытание мобильной мусоросжигательной печи

Производительность печи: 2 – 2,5 куб. м/ч



Испытание экспериментальной мусоросжигательной печи проводилось 29 января 2024 г в г. Якутске.

Выявлено: В 1-ую загрузку в установку вместились 7 куб. м. мусора (в них входили пластиковые бутылки и картон).

Основным отличием данной печи от аналогичных мусоросжигательных печей является использование метода естественного горения, без применения газомоторного топлива. Поддержание горения происходит за счет вдува воздуха с помощью вентиляторов, расход электроэнергии которых незначителен. Такое решение, значительно снижает затраты на топливо и дает дополнительный экономический эффект.



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
«ЦЕНТР ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)»

Юридический адрес: 677005, г. Якутск, ул. П. Алексеева, 60/2
Тел/факс, E-mail: 8(4112) 22-63-70/22-57-91, fbuz@fbuz14.ru
Реквизиты: Р/с 4050181090002000001 Отделение-НБ Республика Саха (Якутия) г. Якутск
БИК 049805001 ИНН/КПП 1435157979/143501001 ОГРН 1051402060687

<p>СОГЛАСОВАНО Заведующая отделом обеспечения санитарного надзора ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Саха (Якутия)» <i>Л.С. Имигеева</i> «19» 09 2017 г.</p>	<p>УТВЕРЖДАЮ Заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Саха (Якутия)» <i>Е.М. Емельянова</i> «19» 09 2017 г.</p>
---	---

ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

№ 207-3271-02-17 от 11.09.2017

Мною, врачом по общей гигиене отдела обеспечения санитарного надзора, специалистом (сертификат специалиста № 0525060206295 выдан 17.10.2015 г.) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Саха (Якутия)» Емельяновой А.С., на основании заявления ООО ОЭК «Эко-Энергия» № 3271-02-17 от 24.07.2017 г. проведена экспертиза результатов лабораторных испытаний атмосферного воздуха, с целью определения соответствия требованиям СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест», ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», ГН 2.1.6.1983-05 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» (дополнение № 2 к ГН 2.1.6.1338-03).

На экспертизу представлены следующие материалы:

1. Протокол лабораторных испытаний, проведенных ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в РС (Я)» (аттестат аккредитации № RA.RU.510330, зарегистрирован в Госреестре: № RA.RU.510330 от 15.07.2016 г.): № 5150 от 07.09.2017 г.

Рассмотрев представленные материалы, отмечаю:

Пробы отобраны на границе жилой застройки и на расстоянии 40 м. от установки ТКО «УМ-1», принадлежащей ООО ОЭК «Эко-энергия» и расположенной по адресу Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Можайского, д. 62. Высота трубы установки ТКО «УМ-1» - 6 метров.

Отбор произведен 25.08.2017 г., 30.08.2017 г. экспертом-химиком ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в РС(Я)» Михалевой М.Н.

Объем исследований:

- санитарно-химические исследования по показателям: гидроксibenзол, формальдегид, азот (II) оксид, азота диоксид, углерод оксид, взвешенные вещества, бенз(а)пирен, (1-Метиэтил)бензол, 1,3-Диметилбензол, 1,2-Диметилбензол, 1,4-Диметилбензол, бензальдегид, бензол, гексан, метилбензол, этилбензол, пропан-2-он, этилбензол в 4-х точках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Результаты исследований воздуха показывают следующее:

В пробах воздуха, отобранных на границе жилой застройки по ул. Можайского (северо-восточная сторона, 100 м. от установки ТКО «УМ-1»), на расстоянии 40 м. от установки ТКО «УМ-1» (северо-восточная сторона), на расстоянии 40 м. от установки ТКО «УМ-1» (западная сторона), на границе жилой застройки по адресу ул. Можайского, д. 60/1, кв. 2, обнаруженные концентрации исследуемых санитарно-химических показателей: гидроксibenзол, формальдегид, азот (II) оксид, углерод оксид, взвешенные вещества, (1-Метиэтил)бензол, 1,3-Диметилбензол, 1,2-Диметилбензол, 1,4-Диметилбензол, бензальдегид, бензол, гексан, метилбензол, этилбензол, пропан-2-он, этилбензол, во всех точках не превышают максимально-разовые величины ПДК, обнаруженные концентрации бенз(а)пирена во всех точках не превышают среднесуточную величину ПДК, что соответствует требованиям п. 2.2. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест», раздела 2 ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». Обнаруженные концентрации диоксида азота во всех точках не превышают максимально-разовую величину ПДК, что соответствует требованиям п. 2.2. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест», ГН 2.1.6.1983-05 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» (дополнение № 2 к ГН 2.1.6.1338-03) (протокол № 5150 от 07.09.2017 г.).

Врач по общей гигиене:

Емельянова А.С.

Емельянова А.С.



Указом Главы
Республики Саха (Якутия)
от 23 декабря 2019 года № 934

СЕМЕНОВУ

Василию Васильевичу

За разработку и внедрение мобильной мусоросжигательной установки с двухзонным и двухстадийным горением, предназначенной для утилизации свалок твердых бытовых отходов в сельских населенных пунктах арктических и северных улусов, позволяющей повысить эффективность системы обращения с отходами и существенно снизить вредные выбросы, содержащиеся в дымовых газах

ПРИСУЖДЕНА
Государственная премия
Республики Саха (Якутия)
имени И.Е. Винокурова
в области материального производства

Глава
Республики Саха (Якутия)

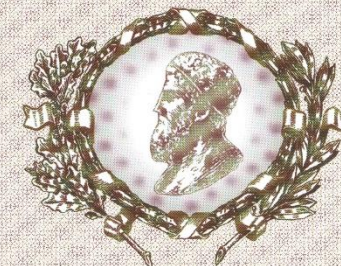


А.НИКОЛАЕВ

г. Якутск



XXVI Московский международный
Салон изобретений и инновационных технологий



«АРХИМЕД 2023»

ДИПЛОМ

Решением Международного Жюри
награждается

БРОНЗОВОЙ МЕДАЛЬЮ

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт»
авторы: Семенов Василий Васильевич,
Жданов Владимир Игоревич
за проект: «Установка для термической утилизации
токсичных веществ»

Председатель
Международного Жюри,
академик,
вице-президент РАН

С.М. Алдошин

Президент Салона

Д.И. Зезюлин

Руководитель
Федеральной службы
по интеллектуальной
собственности

Ю.С. Зубов

Россия, Москва, 28.03 - 30.03.2023 г.



Разработана с целью термической утилизации ТКО, образующихся в малонаселенных пунктах России, мобильная мусоросжигательная печь, снабженная камерой дожигания остатков в дымовом газе недосгоревшего твердого топлива, эмульсионной форсункой, вентилятором, компрессором и баком для топлива.

Разработана эмульсионная форсунка с пересекающимися канавками, обеспечивающая мелкость распыления жидкости $D_{32}=100$ мкм при $\Delta P=1\div 1,5$ атм. путем образования в канавках газожидкостных вихрей.

Реализовано в камере печи двухзонное, двухстадийное горение за счёт установки камеры дожигания дымового газа, куда подается дополнительный воздух, благодаря чему температура горения во 2-й зоне достигает $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$, в результате этого повышается полнота сгорания твердого топлива и достигается существенное снижение концентрации в дымовых газах вредных веществ.

Разработан способ термической нейтрализации токсичных веществ, суть которого заключается в нахождении токсичных веществ в зоне высоких температур ($1300\text{ }^{\circ}\text{C}$) в камере дожигания не менее $4\div 5$ сек, при этом токсичное вещество перед распылением в печи предварительно растворяется в воде, затем они в топочной камере испаряются и вместе с дымовыми газами поступают в камеру дожигания, в результате чего токсичные вещества, содержащиеся в дымовом газе, превращаются в безвредные за счёт полного их окисления.

Разработана трехкомпонентная форсунка, которая состоит из двух форсунок в одном корпусе: на её периферию подается воздух и жидкое топливо (эмульсионная форсунка), а по её оси – водный раствор токсичного вещества (шнековая форсунка).



Спасибо за внимание!

МАИ

