

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ПРЕКУРСОРОВ ДИОКСИНА ПЛАЗМЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Матушкин Анатолий Владимирович

(ФГАОУ ВО УРФУ)

Харина Галина Валерьяновна

(ФГАОУ ВО РГППУ)

Анахов Сергей Вадимович

(ФГАОУ ВО РГППУ)

При поддержке гранта РФФИ № 19-08-00190

РАЗРАБОТКА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ОСНОВ ПРИМЕНЕНИЯ
ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОЙ ИНСИНЕРАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ
РЕЦИКЛИНГА ОТХОДОВ



Уральский
федеральный
университет

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина



Российский
государственный
профессионально-
педагогический
университет

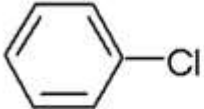
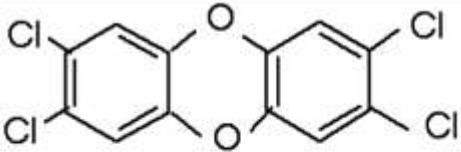
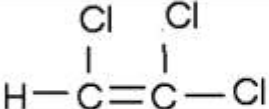
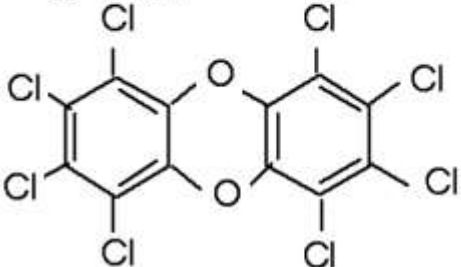
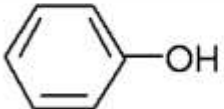
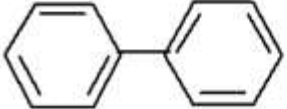
ДИОКСИНЫ И ИХ ПРЕКУРСОРЫ

Диоксины - синтетические органические вещества из класса хлоруглеводородов - являются на сегодняшний день одними из **самых токсичных веществ**, полученных человеком.

Главный источник их образования - мусоросжигательные заводы, целлюлозно-бумажная, электротехническая промышленность и др. Кроме того, к образованию диоксинов может привести взаимодействие при определенных условиях некоторых органических соединений – **прекурсоров диоксинов**.

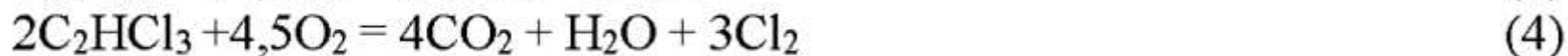
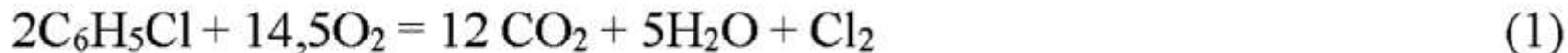
Прекурсоры - вещества, предшествующие образованию того или иного соединения.

Образование диоксинов из некоторых прекурсоров

Прекурсоры		Возможные диоксины
Название	Структурная формула	
Хлорбензол		 Тетрахлордibenзо-п-диоксин
Трихлорэтилен		 Октахлордibenзо-п-диоксин
Фенол		
Дифенил		

РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ПРЕКУРСОРОВ ДИОКСИНА

Высокотемпературные процессы окисления прекурсоров диоксинов:



Оценка возможности самопроизвольного процесса превращения веществ - по изменению свободной энергии Гиббса реакции при заданной температуре Т:

$$\Delta G_T = \Delta H^0_{298} - T \cdot \Delta S^0_{298}, \quad (5)$$

ΔH^0_{298} – изменение стандартной энтальпии реакции

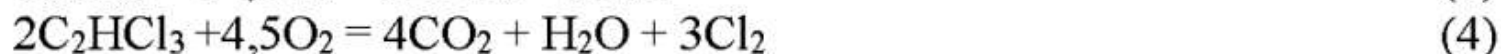
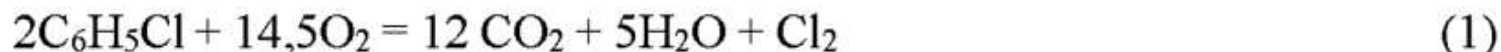
ΔS^0_{298} – изменение стандартной энтропии реакции.

Расчет термодинамических параметров реакций окисления прекурсоров диоксинов

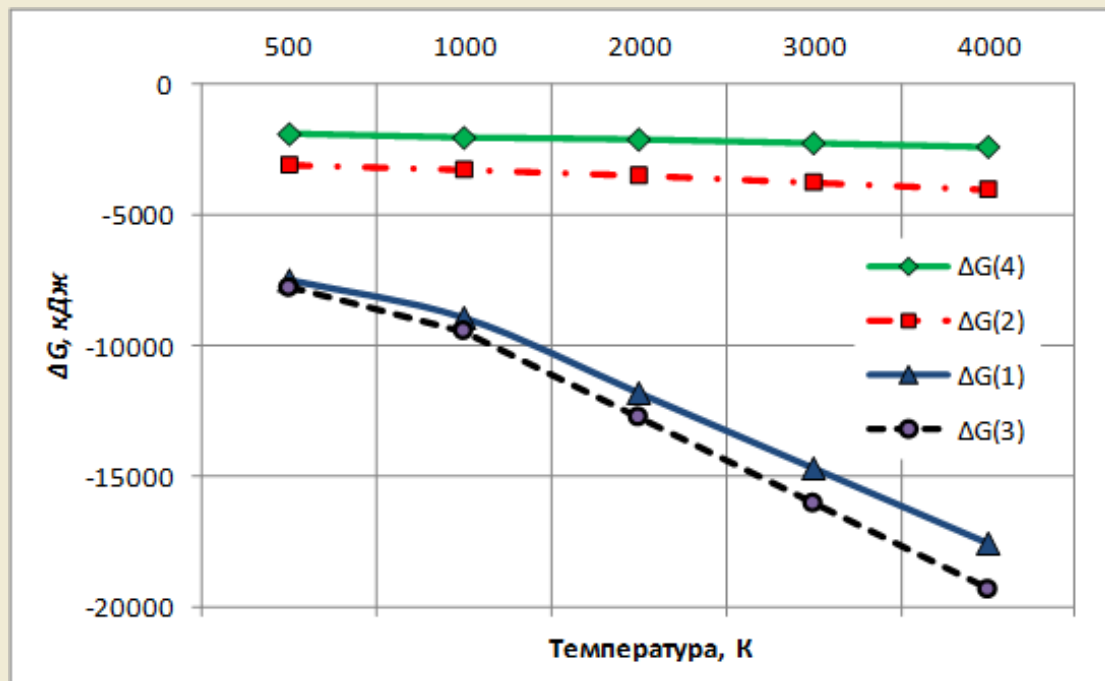
Реакция	ΔH^0_{298} , кДжс	ΔS^0_{298} , кДжс/К	ΔG_T , кДжс				
			T=500К	T=1000 К	T=2000К	T=3000К	T=4000К
1	-6045,24	2,88	-7485,24	-8925,24	-11805,24	-14685,24	-17565,24
2	-2921,61	0,27	-3056,61	-3240,61	-3461,61	-3731,61	-4001,61
3	-6132,12	3,30	-7782,12	-9432,12	-12732,12	-16032,12	-19332,12
4	-1821,24	0,14	-1891,24	-2031,24	-2101,24	-2241,24	-2381,24

РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ПРЕКУРСОРОВ ДИОКСИНА

Высокотемпературные процессы окисления прекурсоров диоксинов:



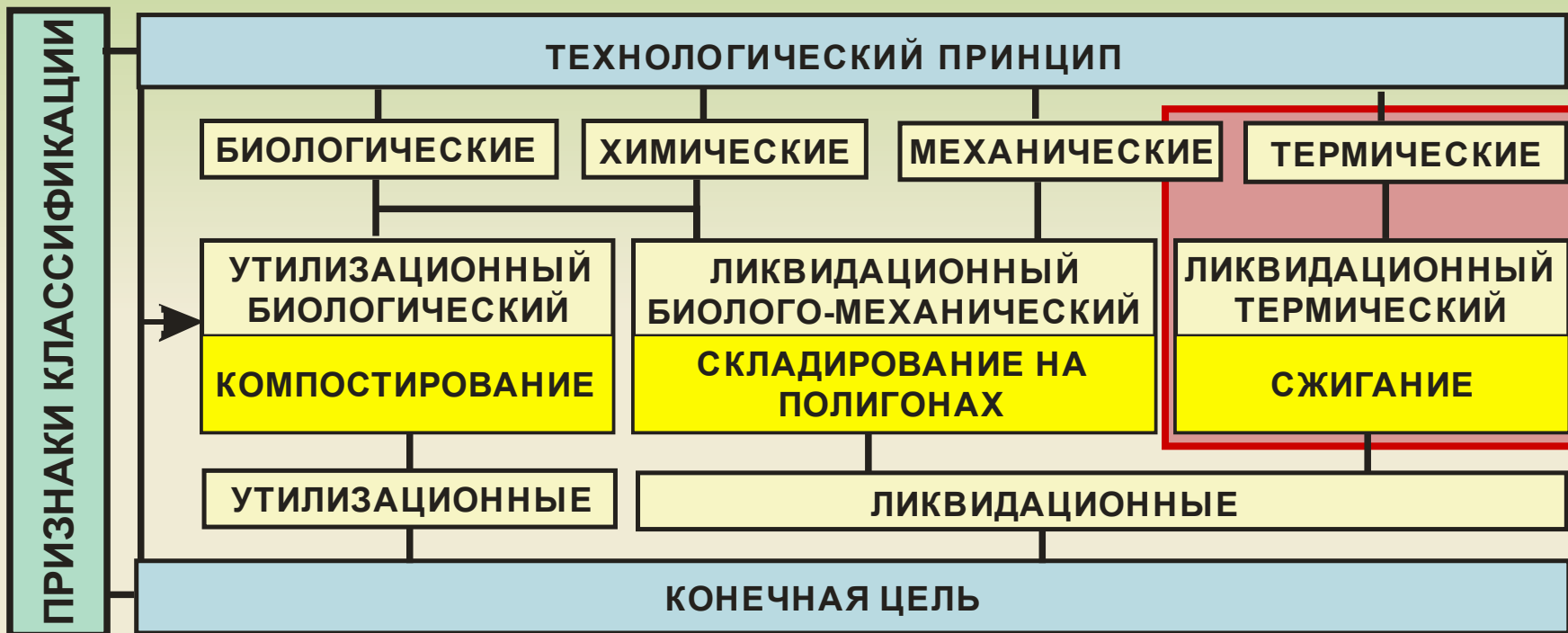
Температурная зависимость изменения энергии Гиббса реакций (1) - (4).



- Процессы окисления прекурсоров характеризуются экзотермическим эффектом.
- Вероятность самопроизвольного процесса окисления уже при 500 К довольно велика и возрастает с ростом температуры.
- Особенно низкими значениями энергии Гиббса при высоких температурах характеризуются реакции окисления хлорбензола (1) и дифенила (3).
- Для полного разложения фенола (2) и трихлоэтилена (4) потребуются более высокие температуры по сравнению, с хлорбензолом и дифенилом.

Применение методов плазменной инсинерации может быть использовано на стадии дожигания газообразных выбросов, содержащих продукты рассмотренного состава.

МЕТОДЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ТБО

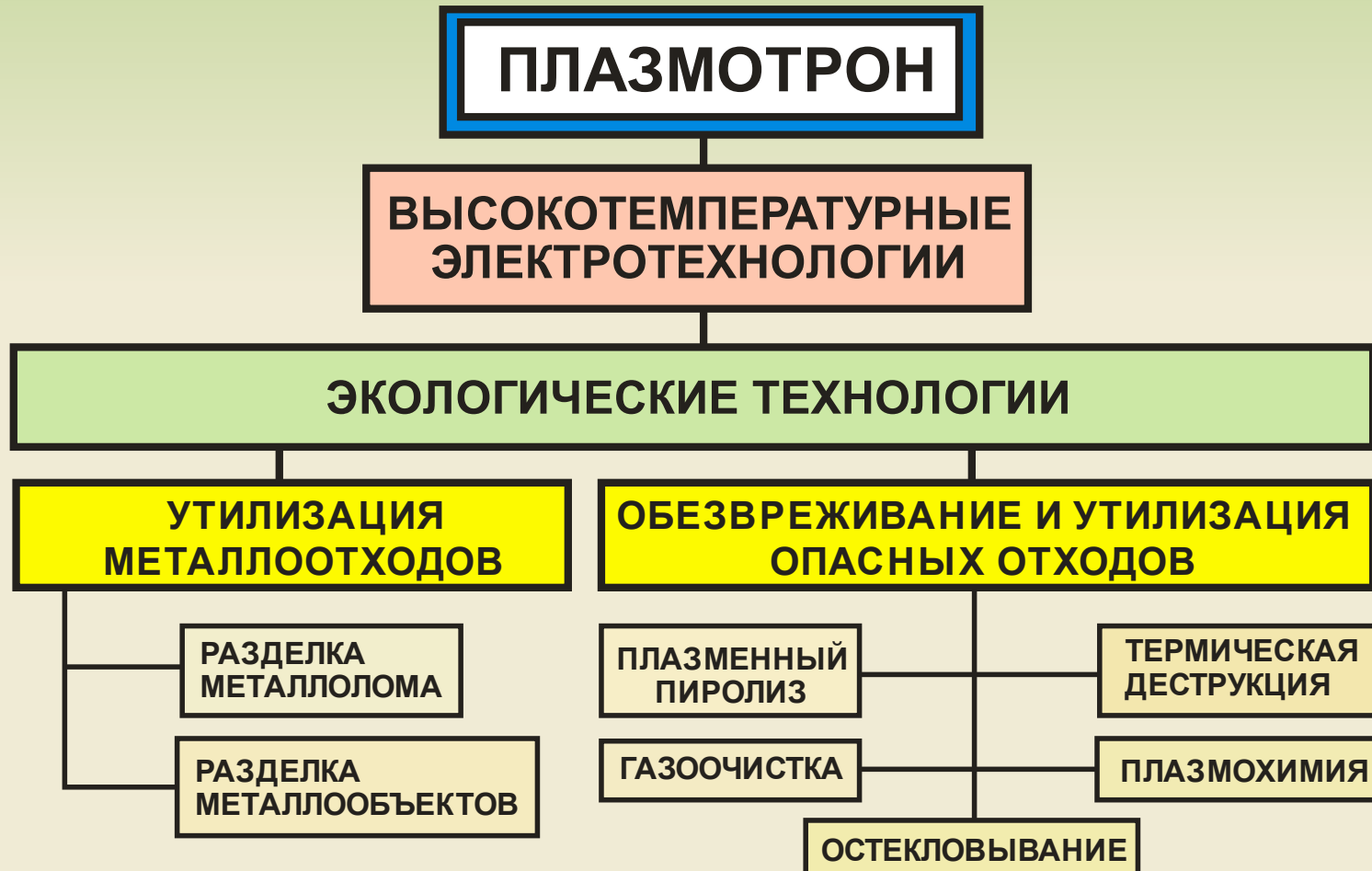


Технология	Складирование на полигонах	Традиционное сжигание	Пиролиз, термолиз	Плазменный метод без получения сингаза	Плазменный метод с получением сингаза
Удельная себестоимость, евро/т [ИПЭФ РАН]	105-160	100-140	90-150	100-120	70-80

Традиционные методы термической обработки: примерно 10-кратное уменьшение первоначального объема, но опасные основания (тяжелые металлы и соли) переходят в остатки от переработки отходов (шлаки, летучая зола).

Низкотемпературная переработка: образование токсичных галоидированных диоксинов и диоксиноподобных веществ, опасных HCl, HF, NO_x, SO_x !!

ПЛАЗМЕННЫЕ ЭКОТЕХНОЛОГИИ



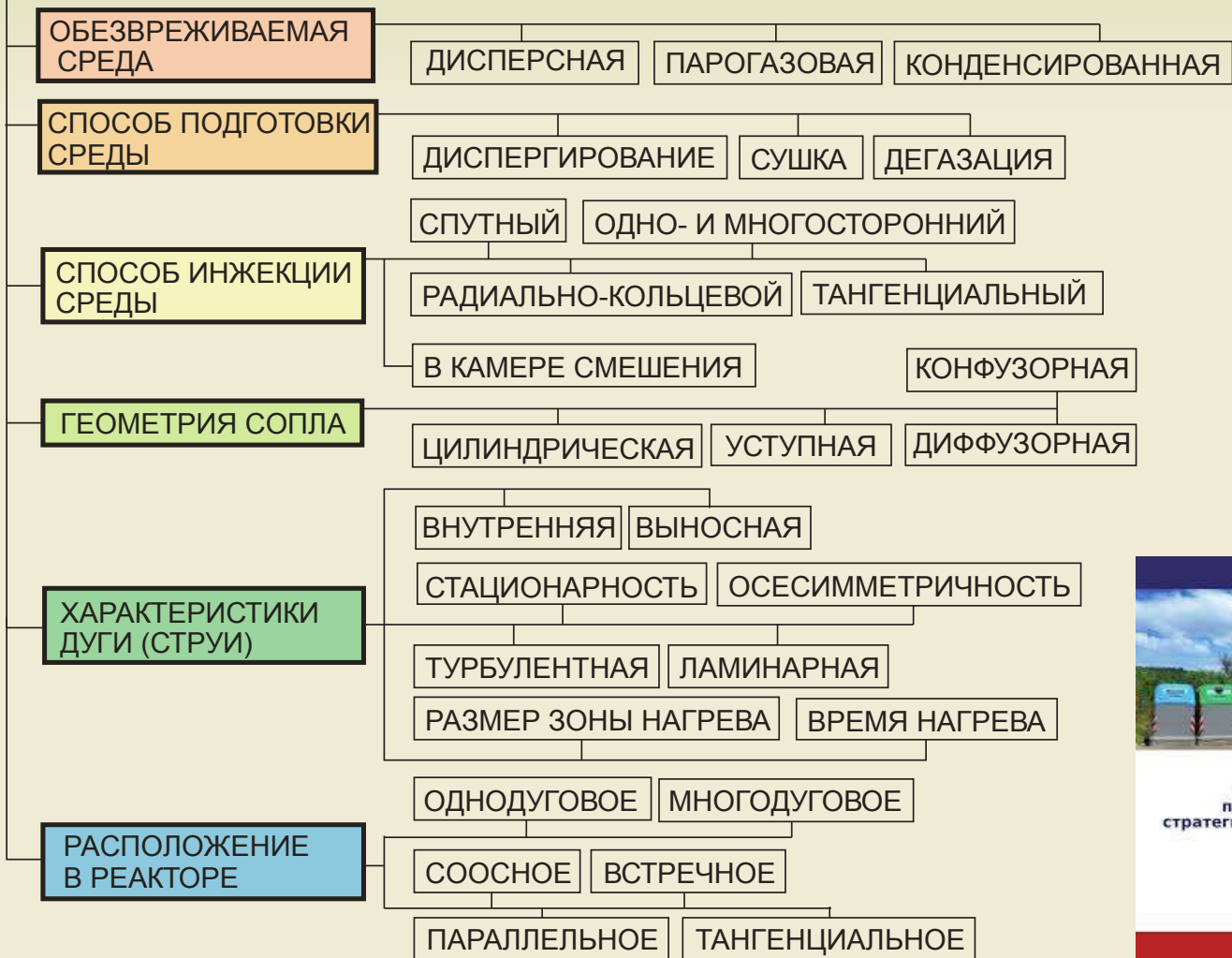
Плазменные технологии: высокотемпературные режимы, приводящие к необратимому разрушению галоидированных диоксинов

Конечный продукт – экологически безопасные газовые выбросы, и технологически возвратные продукты в виде тепла и слабых кислотных растворов сернистых и хлористых компонент утилизируемого сырья.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ КЛАССИФИКАЦИИ ПЛАЗМОТРОНОВ ДЛЯ ЭКОТЕХНОЛОГИЙ

ПЛАЗМОТРОНЫ ДЛЯ ЭКОТЕХНОЛОГИЙ

ПРИЗНАКИ КЛАССИФИКАЦИИ



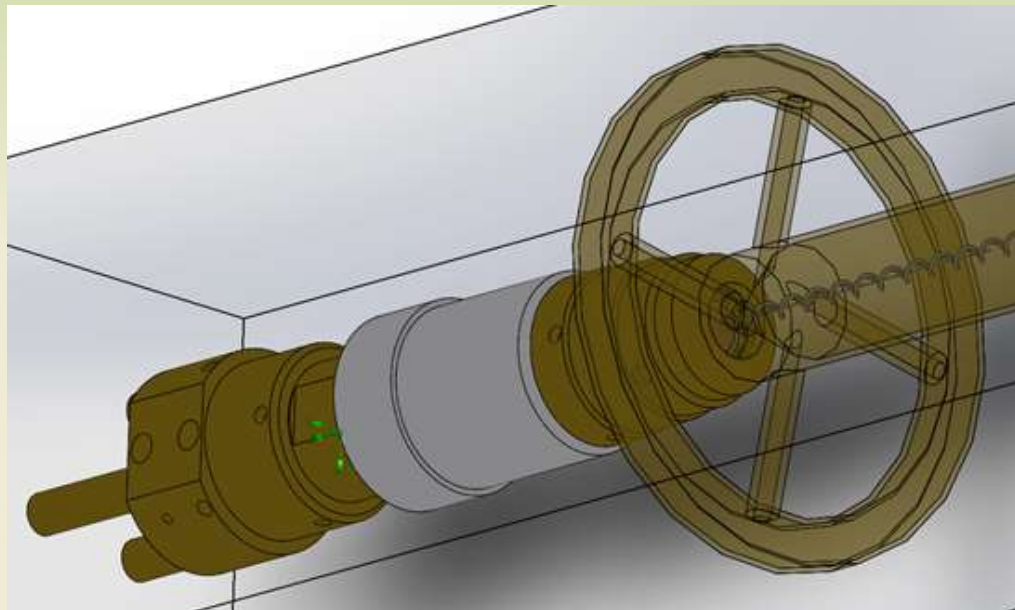
Подробнее:

1. Анахов С.В., Пыкин Ю.А. Экологическое проектирование: стратегии и технологии. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2012. – 125 с.
2. Анахов С.В. Принципы и методы проектирования в электроплазменных и сварочных технологиях: учебное пособие / Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2014. 144 с.



ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПЛАЗМЕННОГО ДОЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

Плазмотрон с камерой смешения (КС) для обезвреживания опасных отходов



Расчетная модель

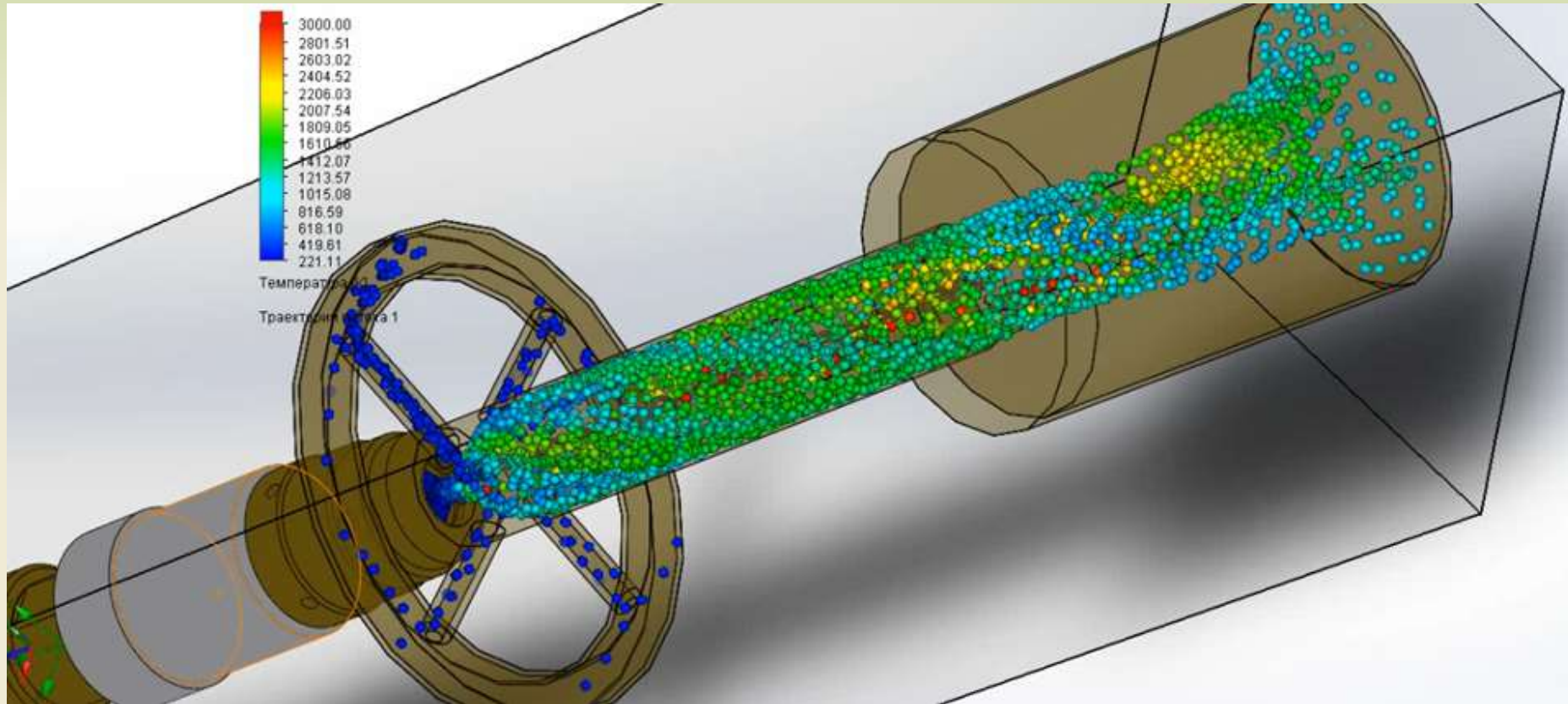


Опытная модель

Задача – обеспечить **требуемое время нахождения газового потока опасных отходов при соответствующей температуре**, задаваемой при нагреве камеры смешения (КС) утилизируемых и плазмообразующих газовых потоков плазменной дугой (струей).

Расчет газодинамических параметров – в приложении **FlowWorks** программной среды **SolidWorks** с переменным значением параметра дискретизации расчетной сетки.

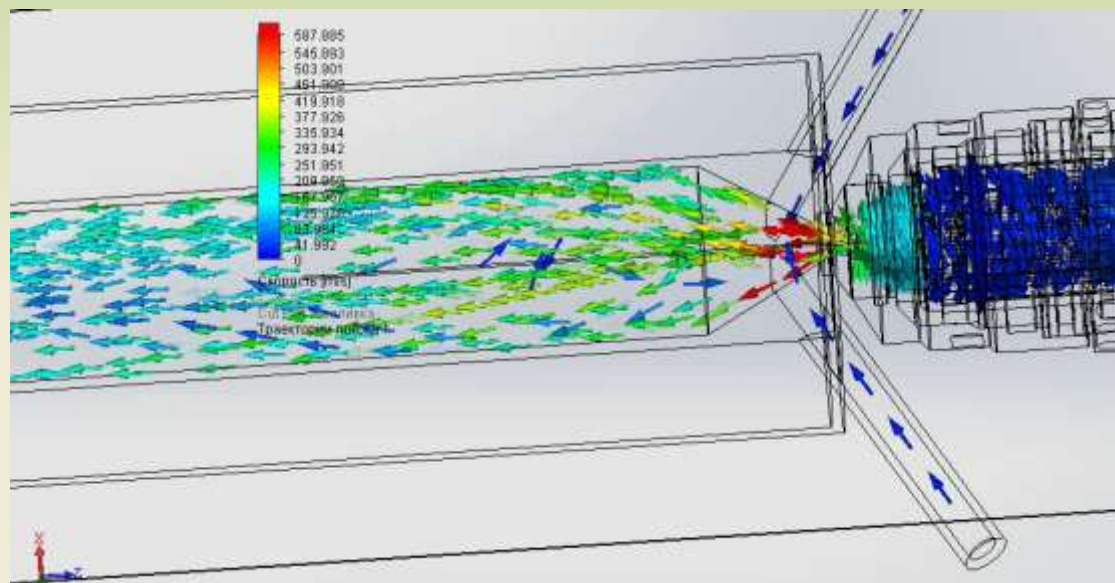
ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПЛАЗМЕННОГО ДОЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ



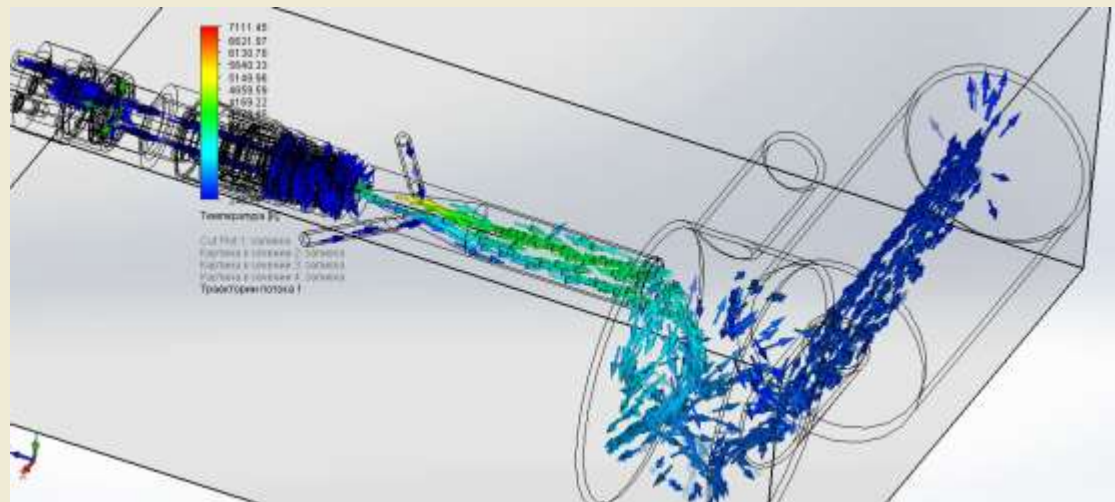
**3D-моделирование газодинамических процессов в камере смешения
плазмотрона (САЕ-инжиниринг)**

3D-ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Моделирование газодинамических процессов в камере смешения плазмотрона

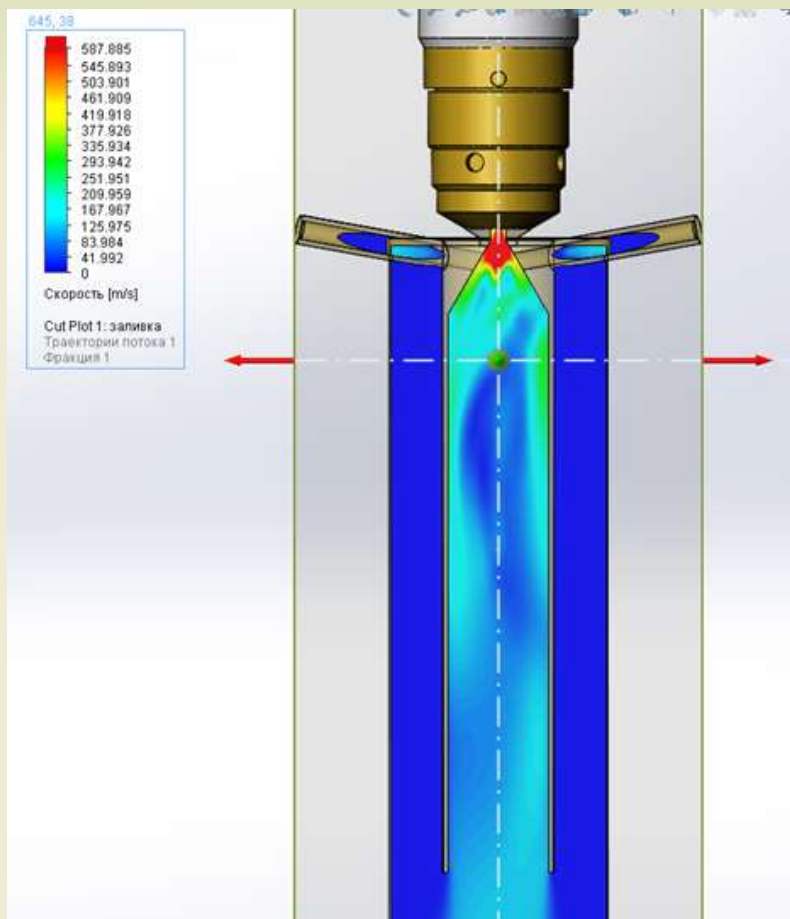


Моделирование газодинамических процессов в плазмотроне с системой закали

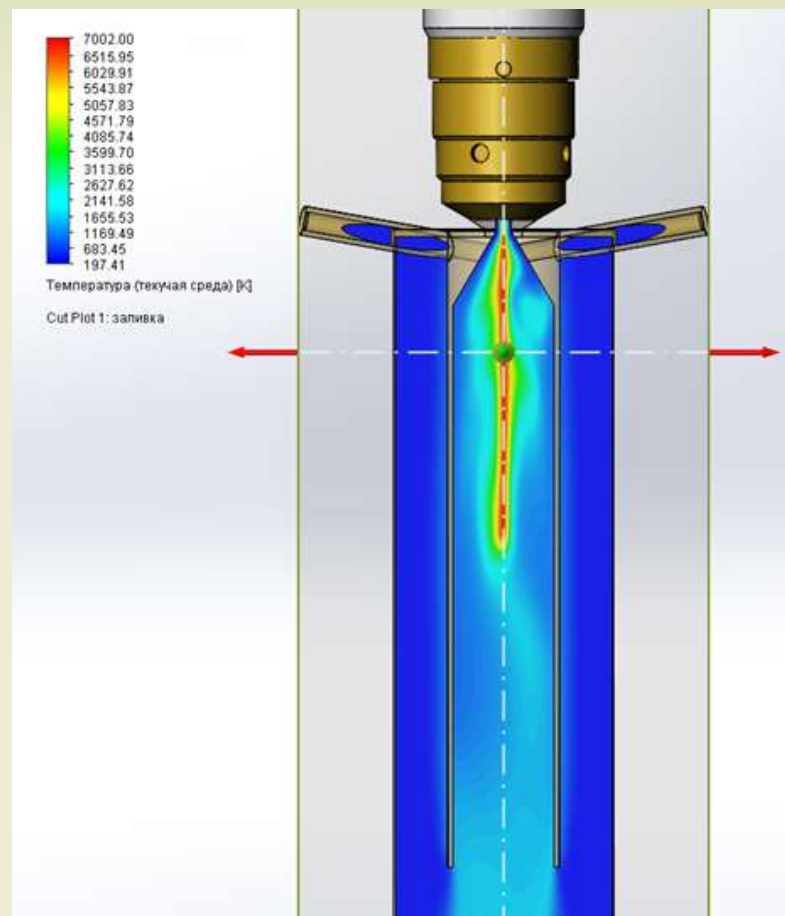


ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПЛАЗМЕННОГО ДОЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

Результаты расчета газодинамических параметров в камере смешения плазмотрона



Распределение скоростей



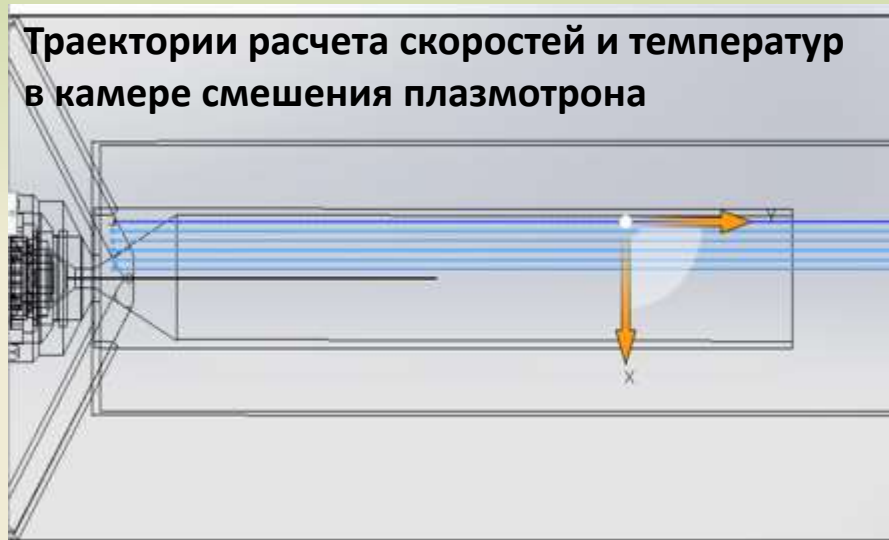
Распределение температур

3D-ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

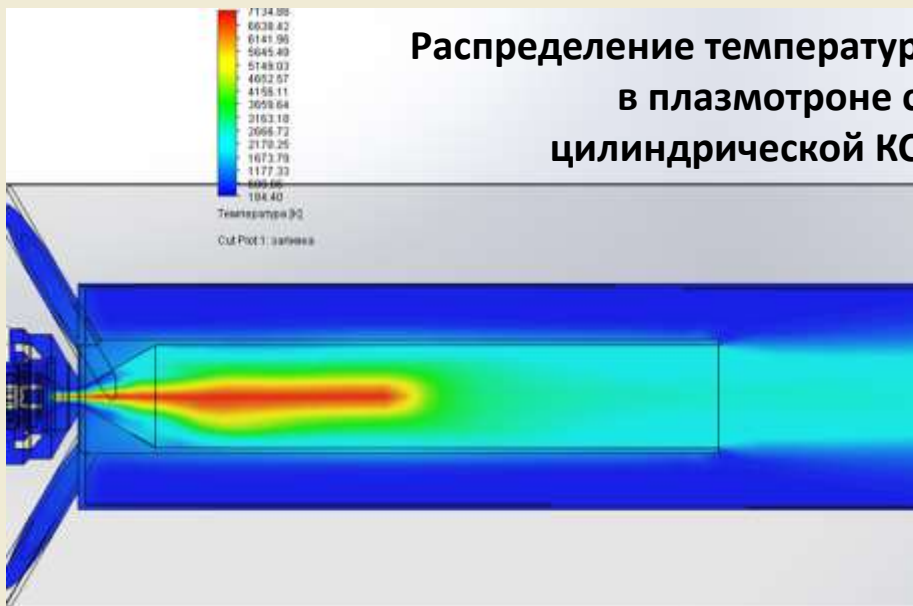
Расчетная модель плазмотрона для экотехнологий



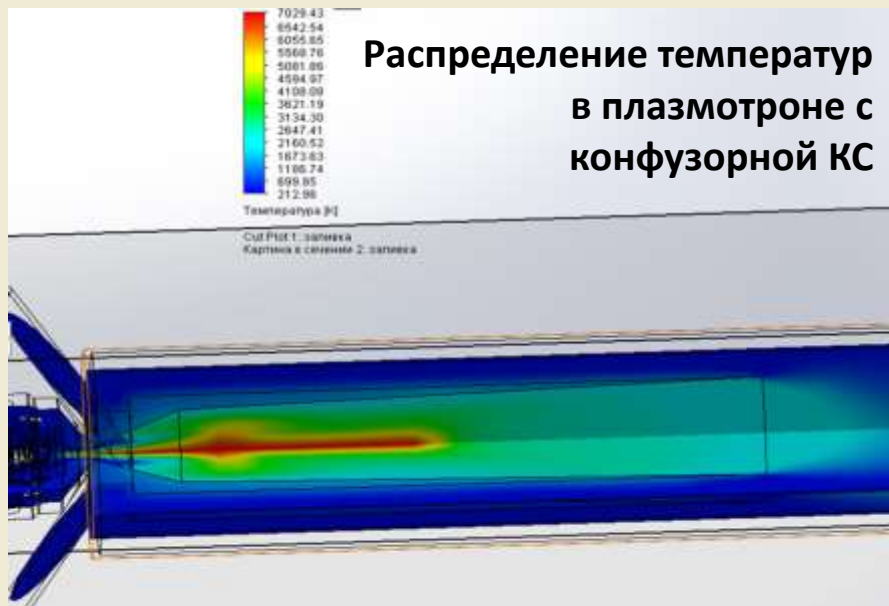
Траектории расчета скоростей и температур в камере смешения плазмотрона



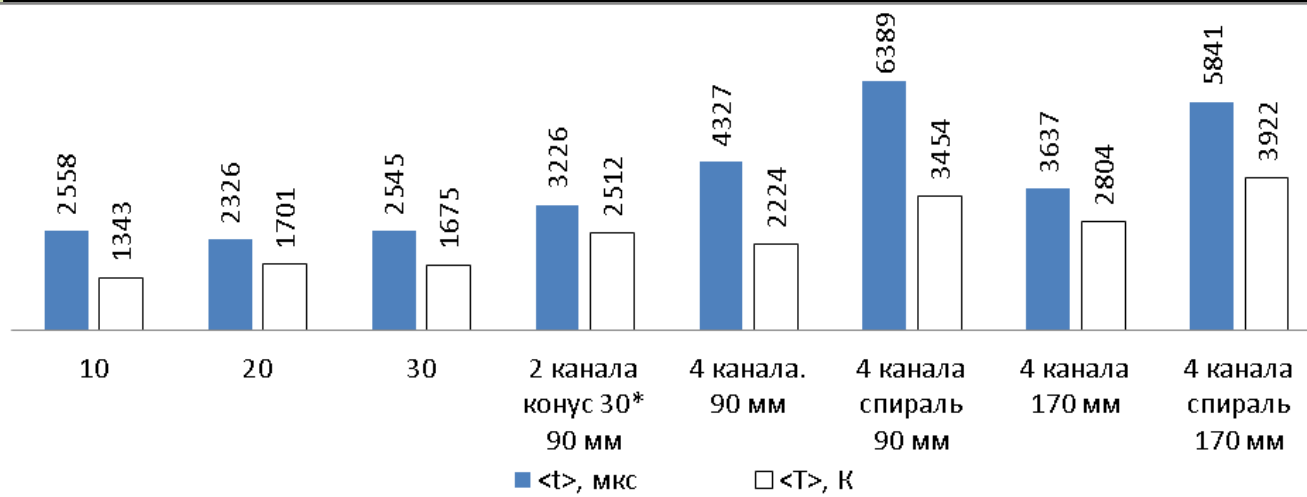
Распределение температур в плазмотроне с цилиндрической КС



Распределение температур в плазмотроне с конфузурной КС

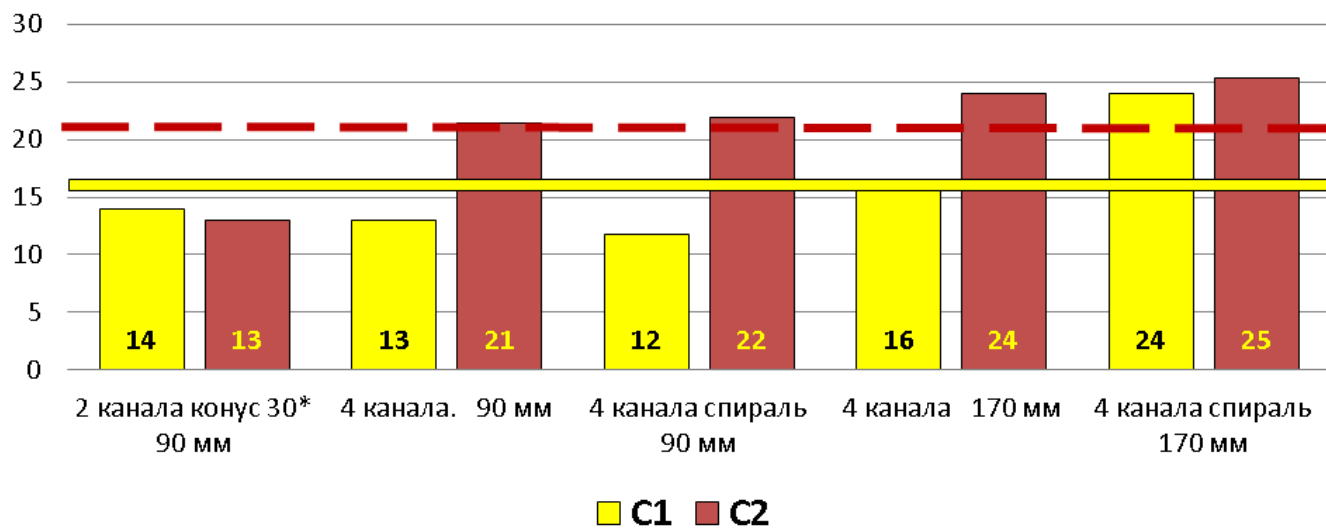


ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПЛАЗМЕННОГО ДОЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ



Средние значения времени и температуры нагрева для различных конструкций КС

Критерии эффективности нагрева для различных конструкций КС



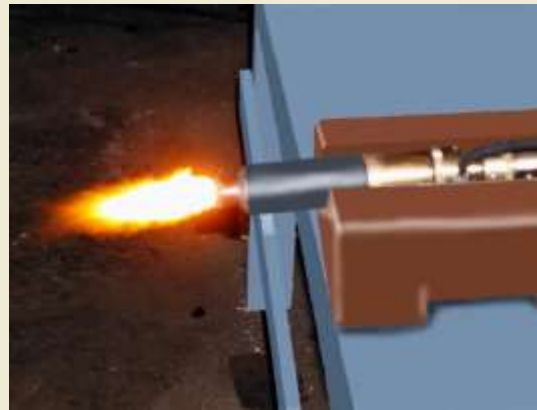
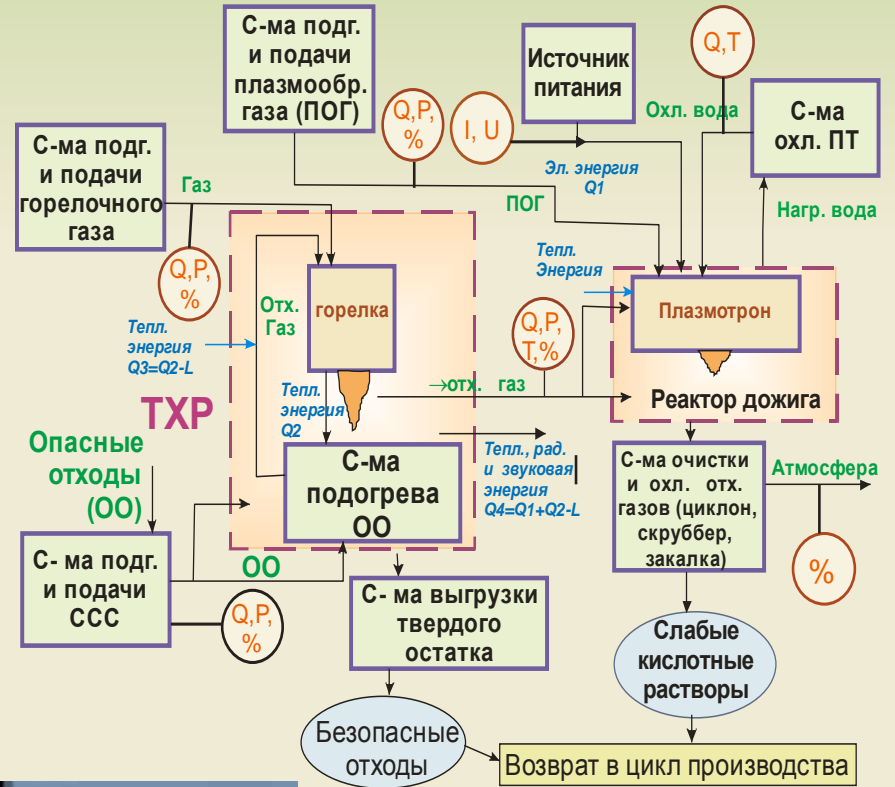
Результаты свидетельствуют об обоснованности плазменного способа обезвреживания на примере одного из наиболее опасного супертоксианта – диоксина.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМОТРОНОВ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Технологии обезвреживания опасных бытовых отходов с плазменным дожиганием отходящих газов

Преимущества методов плазменного обезвреживания :

- 1) малые габариты и компактность установок;
- 2) высокая удельная производительность;
- 3) возможность утилизации выделяющегося тепла;
- 4) низкое содержание вредных веществ (не превышающим значения ПДК) в отходящих газах;
- 5) отсутствие отходов, требующих складирования или вывоза для специального захоронения;
- 6) замкнутость системы водяного охлаждения, обеспечивающей минимальный расход воды и возможность использования установок в необеспеченных водой местах.



- Учреждения и центры по переработке отходов,
- Мусоросортировочные комплексы в крупных городах,
- Структурные подразделения МЧС – в местах техногенных аварий,
- Сельскохозяйственные и животноводческие комплексы – для захоронений инфицированной органики и т.д.

**СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ!**