

УДК 628.542

## **Экспериментальная плазменная установка для утилизации медицинских отходов**

*Морозов И.В., студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Плазменные энергетические установки»*

*Научный руководитель: Ляпин А. А., к.т.н., доцент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[duh@power.bmstu.ru](mailto:duh@power.bmstu.ru)*

**Введение.** В настоящее время проблема утилизации медицинских отходов стоит очень остро. Единого метода утилизации отходов на данный момент не выработано. На рынке имеется достаточно много различных установок, которые постоянно совершенствуются. Но лишь часть отходов перерабатывается, остальные же захораниваются почти без обработки, что может привести к экологической катастрофе.

Плазменный же метод утилизации набирает свою популярность, в связи с возможностью переработки отходов различных классов, при необходимости даже радиоактивных. Так же данный метод является одним из наиболее экологичных, что связано, с высокой температурой в зоне воздействия.

**Постановка задачи.** Рассматривается плазменная установка для лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ) со следующими параметрами:

1. Рабочее вещество воздух.
2. Мощность плазмотрона  $P_{эл}=25$  кВт.
3. Рабочая температура  $T=5000$  К.
4. Назначение – технологический нагрев.
5. Давление –  $P=10^5$  Па.
6. Разовая загрузочная способность установки 16 кг.

**Методика расчета.** Основным устройством данной установки является плазмотрон. Рабочая температура плазмотрона  $T=5000$  К, исходя из [1], она является граничной между двумя схемами. Так, при такой температуре возможна схема фиксации длины дуги уступом и схема с межэлектродной вставкой (МЭВ). Для выбора оптимальной схемы необходимо провести расчет основных параметров плазмотрона и сравнить их, методика их расчета приведена в [1]. Полученные результаты приведены в таблице.

|                                                               | Фиксация дуги |          |
|---------------------------------------------------------------|---------------|----------|
| Параметр<br>1                                                 | Уступ<br>2    | МЭВ<br>3 |
| Температура плазмы $T$ , К                                    | 5000          | 5000     |
| Полезная мощность на выходе из плазмотрона<br>$P_{пол}$ , кВт | 18,5          | 15,75    |
| КПД плазмотрона $\eta$ , %                                    | 0,74          | 0,63     |
| Напряжение источника электропитания $U_{ист}$ , В             | 250           | 300      |
| Напряжение разряда $U$ , В                                    | 150           | 240      |

Продолжение таблицы

| 1                                                                 | 2                    | 3                    |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Ток разряда $I$ , А                                               | 167                  | 104                  |
| Расход воздуха $G$ , кг/с                                         | $1,81 \cdot 10^{-3}$ | $1,54 \cdot 10^{-3}$ |
| Суммарная длина канала плазмотрона и анода<br>$L_{кнл} + L_a$ , м | $1,12 \cdot 10^{-1}$ | $5,2 \cdot 10^{-2}$  |

Проанализировав полученные данные, легко сделать выбор в пользу плазмотрона с фиксацией длины дуги уступом, несмотря на то, что элементы конструкции плазмотрона с МЭВ являются более легко заменяемыми, так в плазмотроне с МЭВ анод является значительно более простым, чем в плазмотроне с фиксацией длины дуги уступом. Но плазмотрон с уступом обладает следующими преимуществами, исходя из которых, и была принимается данная конструкция:

- 1) полезная мощность больше на 2,75 кВт, что является существенным при такой мощности плазмотрона;
- 2) КПД выше на 11%;
- 3) длина плазмотрона больше, что важно для установки такого типа.

Определившись с конструкцией анода, встает вопрос с охлаждением его и катода. Анализ движения жидкости в электродах проводился в пакете Ansys. Расчет охлаждения проведен по методике приведенной в [2]. И в соответствии с ним скорости охлаждения

составляют 1 м/с. Так, течение жидкости в рубашке охлаждения катода показано на рисунке 1, а в рубашке охлаждения анода на рисунке 2.

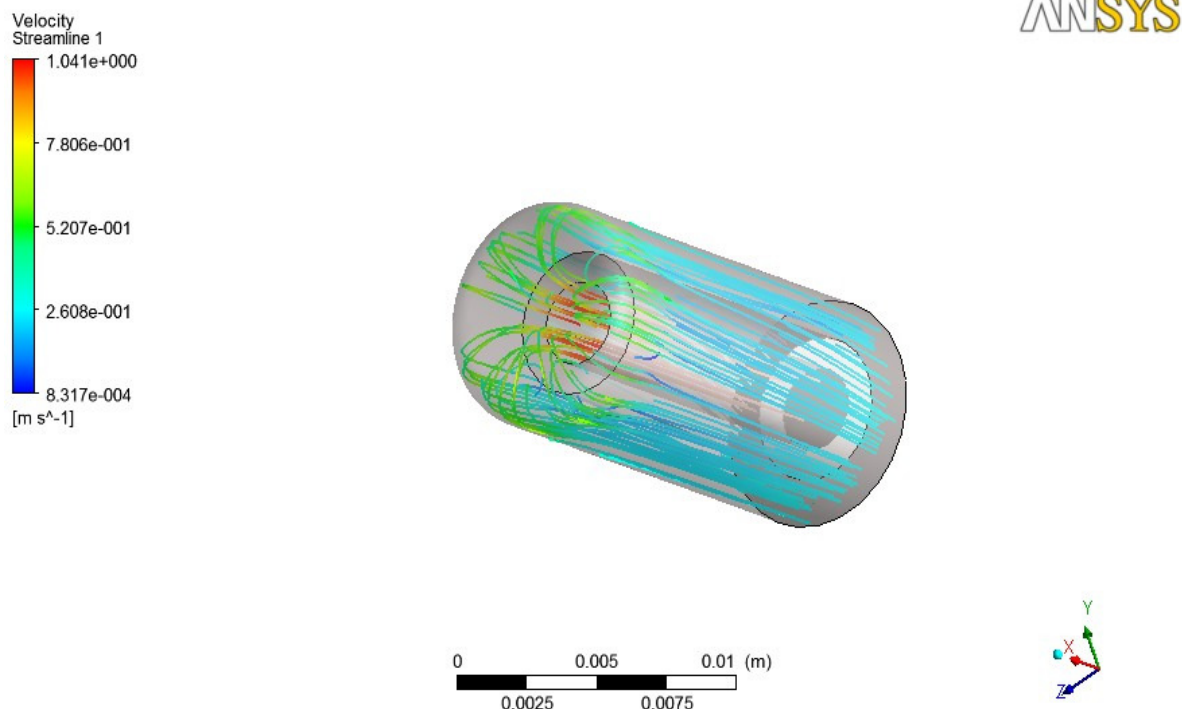


Рис. 1. Траектория движения воды в катоде, и распределение ее по скоростям при входной скорости 1 м/с

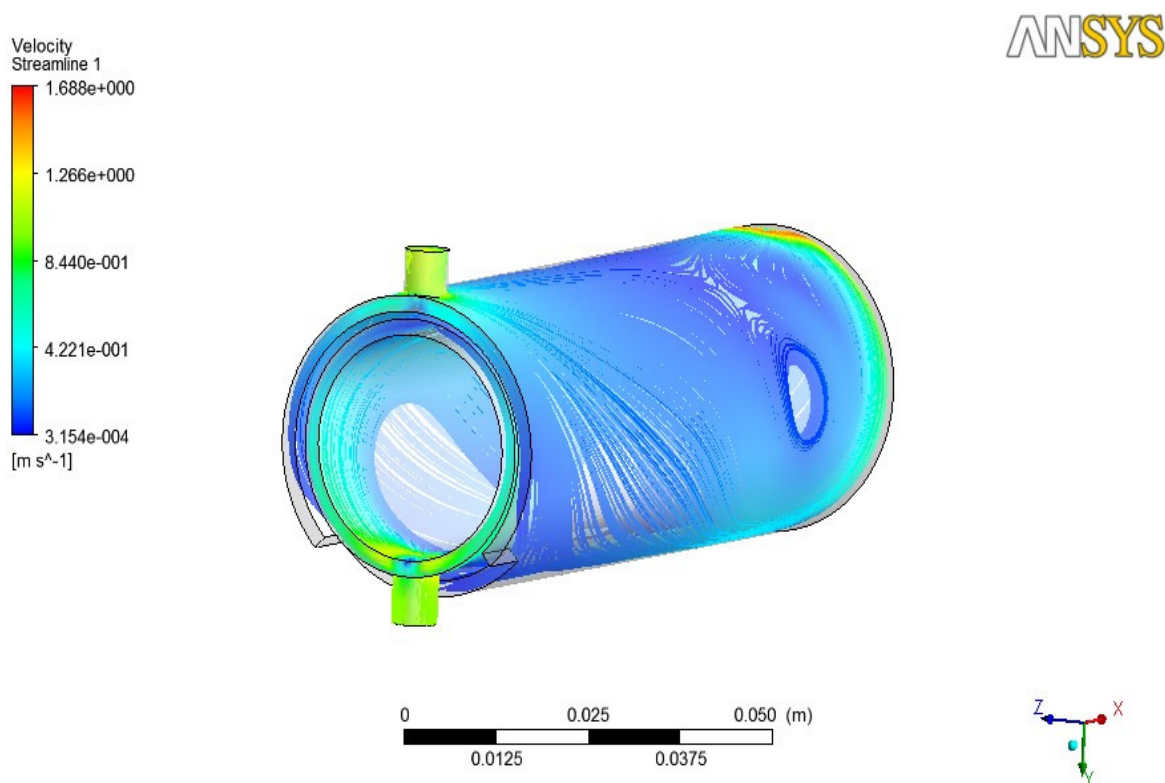


Рис. 2. Траектория движения воды в аноде, и распределение ее по скоростям при входной скорости 1 м/с

Анализ полученных данных, изображенных на рисунке 1, говорит о том, что необходимо увеличение входной скорости воды. Это связано с тем, что площадь сечения канала на выходе больше чем на входе, и фактическая скорость движения воды составляет не 1 м/с, а порядка 0,3-0,5 м/с, что явно недостаточно, следовательно, охлаждение осуществляется неэффективно. Необходимо увеличение входной скорости охлаждающей жидкости до 3 м/с, полученные данные изображены на рисунке 3.

При охлаждении же анода, водой со скоростью 1м/с, появляются неохлаждаемые зоны, это связано с низкой скоростью воды, т.к. входная скорость была принята 1м/с при увеличении сечения она упала до  $(3...4) \cdot 10^{-1}$  м/с и ниже. Данной скорости, явно недостаточно для надежного охлаждения. Поэтому требуется повышение скорости охлаждаемой жидкости. Анализ показал, что оптимальная скорость охлаждения анода составляет 6 м/с. Полученные данные показаны на рисунке 4.

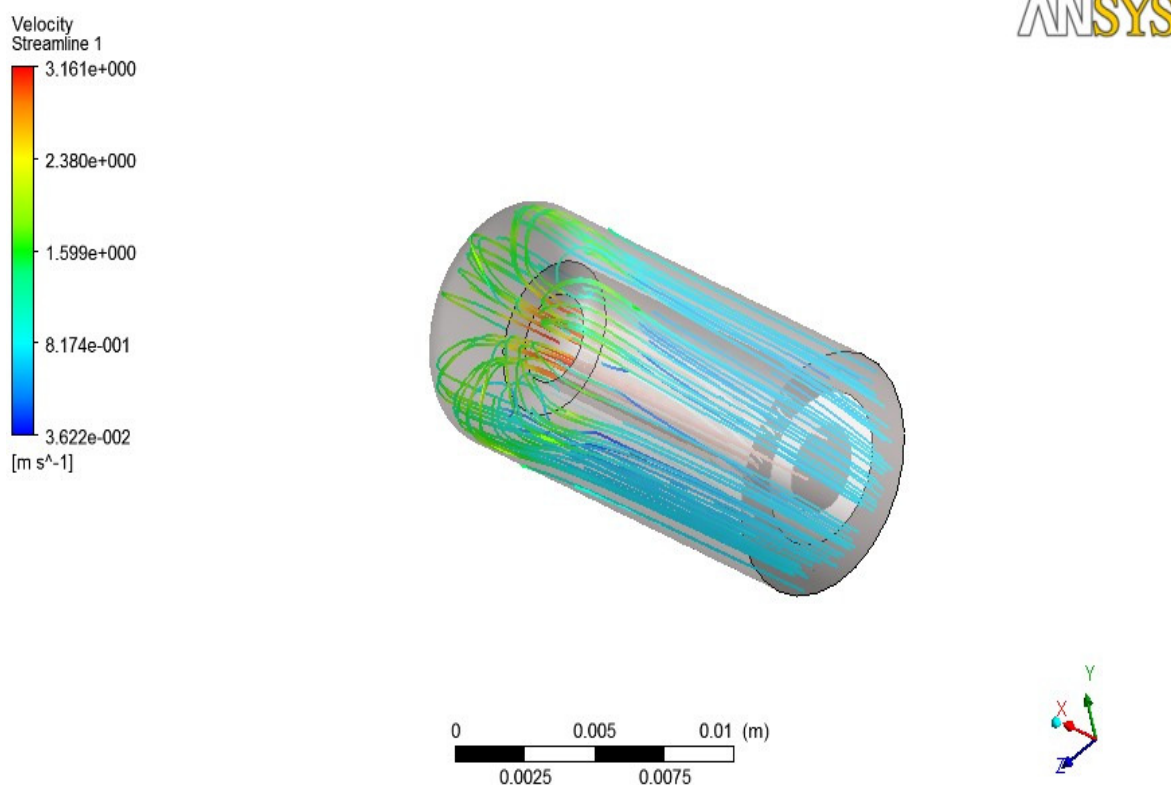


Рис. 3. Траектория движения воды в катоде, и распределение ее по скоростям при входной скорости 3 м/с

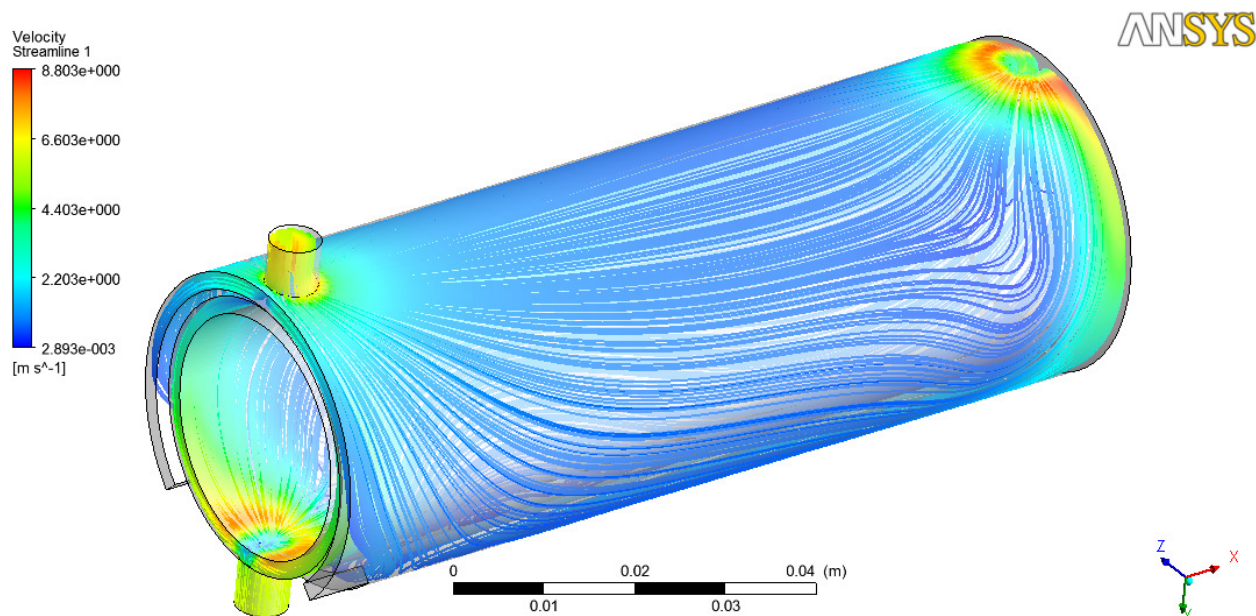


Рис. 4. Траектория движения воды в аноде, и распределение ее по скоростям при входной скорости 6 м/с

Тогда при скорости охлаждения катода 3 м/с и анода 6 м/с распределение температур в электродах выглядит, как показано на рисунке 5 и 6 соответственно.

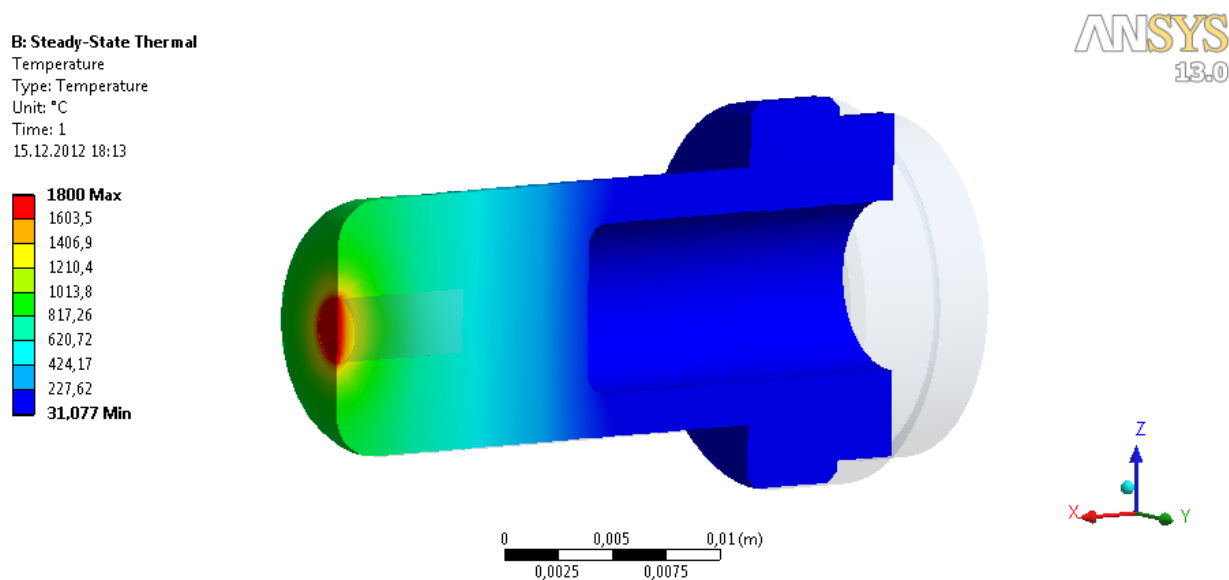
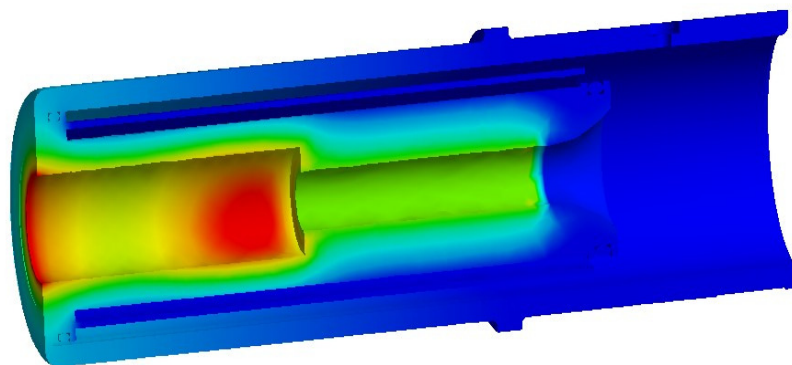


Рис. 5. Распределение температуры по катоду

B: Steady-State Thermal  
Temperature  
Type: Temperature  
Unit: °C  
Time: 1  
13.05.2013 0:11

ANSYS  
15.0

873.84 Max  
779.17  
684.5  
589.84  
495.17  
400.5  
305.89  
211.16  
116.49  
21.824 Min



0,000 0,040 0,080 (m)  
0,020 0,060

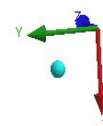


Рис. 6. Распределение температуры по аноду

Для катода получено, что температура стенок омываемых водой составляет не более 120 °С, и кипения воды не происходит (Вода подается при  $5 \cdot 10^5$  Па, и температура её кипения составляет 150 °С). Следовательно, реализован хороший теплосъем при данной скорости охлаждающей жидкости.

Для анода же анализ показал, что температура стенок омываемых водой составляет 110-140 °С (в некоторых местах до 220 °С, пузырьковое кипение) и осуществляется эффективный теплосъём.

Проведя анализ скоростей охлаждения в электродах, а так же распределения температур в них, остается получить данные о распределении температур в камере установки. Так зная, температуру плазмы на выходе и приняв среднюю комнатную температуру равную 22 °С получим данные, показанные на рисунке 7.

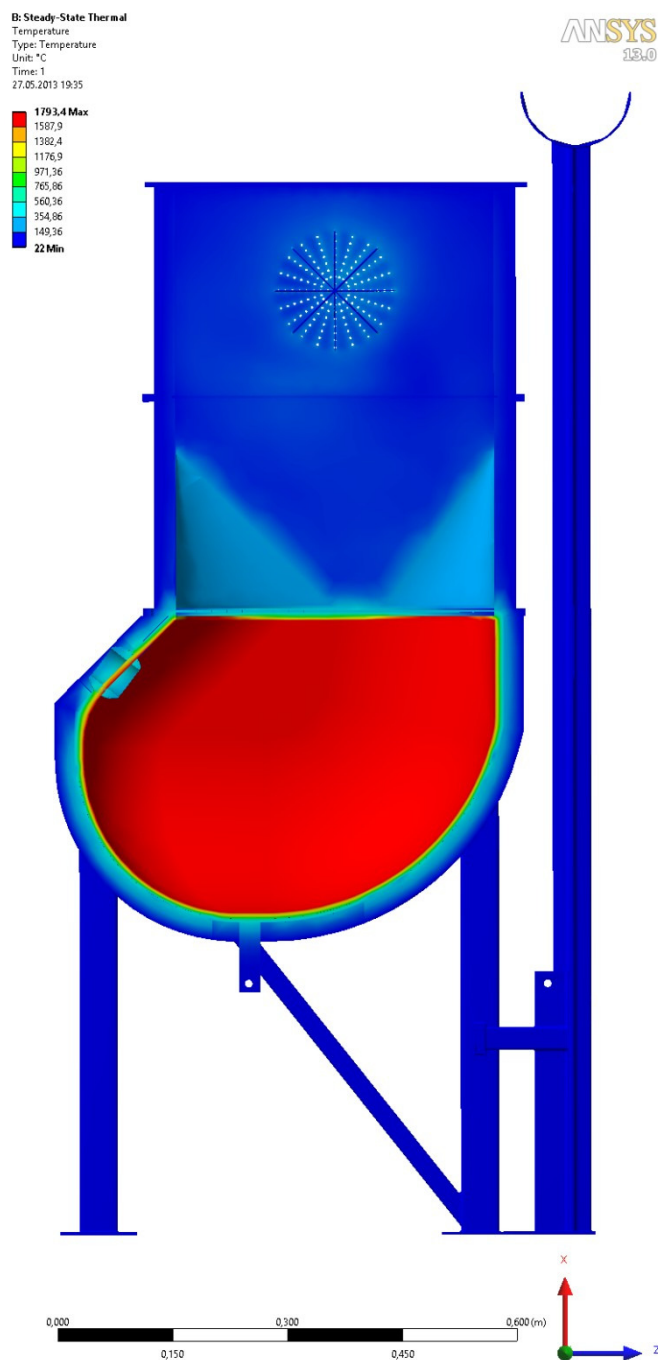


Рис. 7. Распределение температур в камере установке

Анализируя полученные данные, видно, что температура внутренних стенок футеровки в среднем равна 1793 °С, что не превышает рабочей температуры выбранного материала (*INSERTAG 86XV*), и удовлетворяет требованиям для утилизации отходов. При данной температуре будут утилизированы все отходы. Колебания температур внутренней стенки составляет порядка 20-30 °С, что свидетельствует о хорошо выбранной геометрии футеровки.

Температура внутренних стенок нижнего бака варьируются от 248 до 106 °С. При такой температуре осуществляется сушка отходов, без их воспламенения в баках. Сушка

позволяет увеличить скорость переработки отходов, а так же позволяет утилизировать влагосодержащие отходы. Температура наружных частей установки составляет 22 °С, за исключение верхней задвижки, температура поверхности которой составляет от 22 до 42 °С.

Внешний вид всей установки показан на рисунке 8. Габаритные размеры установки составляют: 1492·1526·964 мм (В·Ш·Д).

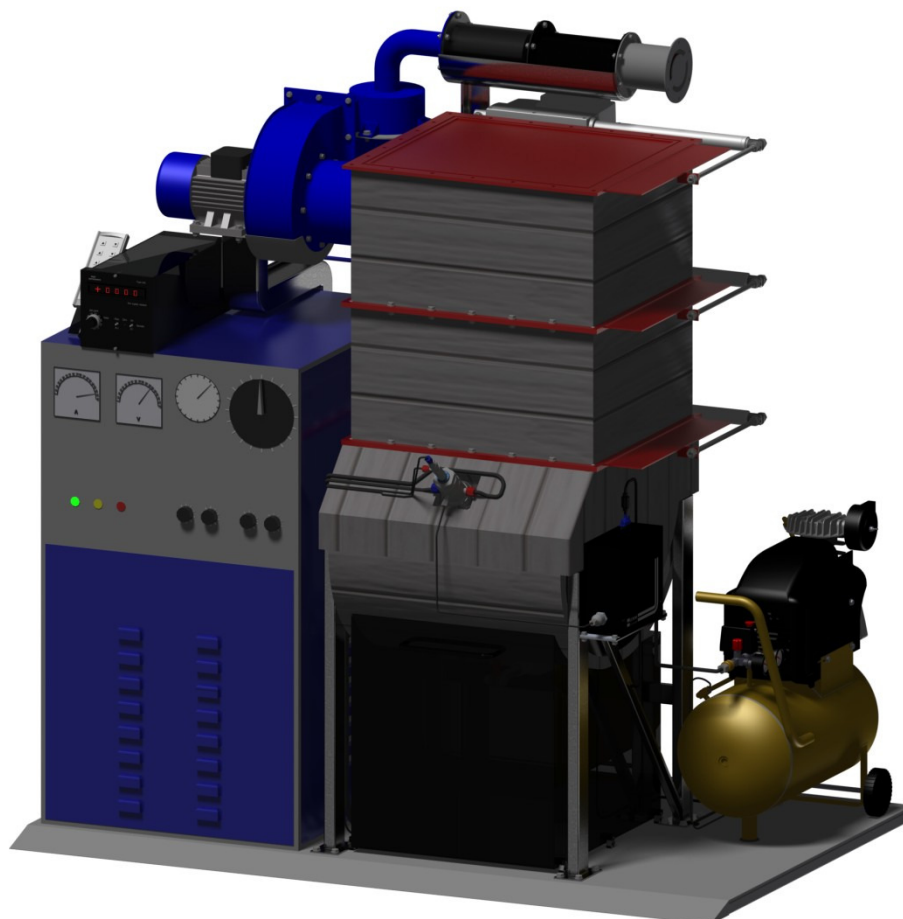


Рис. 8. Внешний вид установки

### Список литературы

1. Г.К. Клименко, А.А. Ляпин. Генераторы плазмы. М.: изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010. 62 с.
2. М.Ф.Жуков. Основы расчета плазмотронов линейной схемы. Изд. Новосибирск 1979. 150 с.
3. Ривкин С. Л., Александров А. А.. Теплофизические свойства воды и водяного пара. М.: Энергия. 1980. 424 с.
4. Руководящие принципы по НИМ и указания по НВПД. Категория источников: Установки для сжигания отходов. 2006 г.