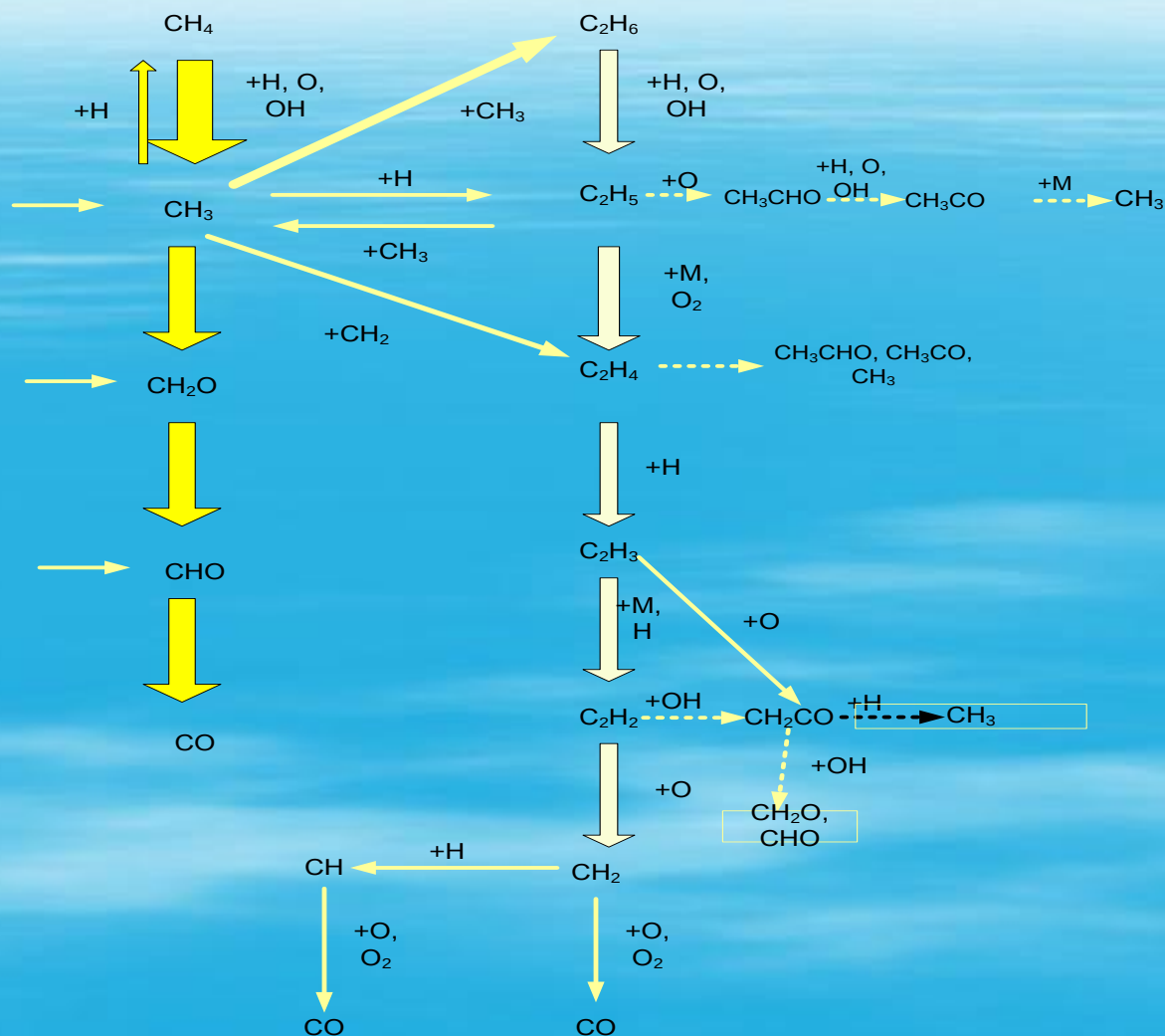


«Ионно-радикальные процессы
электронно-каталитической и
фотохимической деструкции
воды в низкотемпературной плазме».

д.т.н., профессор
Столяренко Геннадий Степанович

Химизм горения метана



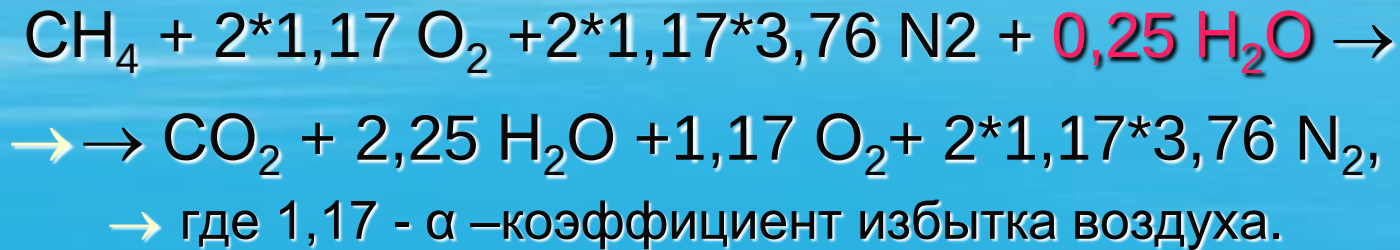
Тепловой эффект реакции горения метана

Рассмотрим наиболее распространенный процесс горения – горение природного газа, который на 95-98% процентов состоит из метана. Суммарная теплота всех реакций горения метана Q_1 составляет 891,88 кДж/моль:



Состав топливно-воздушной смеси

Уравнение реакции(1) при использовании воздуха в качестве окислителя будет иметь вид:



- Таким образом, при горении в промышленных условиях концентрации компонентов в горючей смеси составляют:
- Метан -8,237%, Кислород-19,275%, Азот-72,452%.
- Смесь метана и кислорода- 27,452%.
- Вместе с топливом и воздухом в реальной топливно-воздушной смеси всегда находятся пары воды(4-5 г воды на 1 моль топлива).

Аномальные значения теплоемкости воды и пара.

**Теплоемкость воды (ж) (298 К) - 4183 Дж/кг*град.
или 75,29 Дж/моль*град.**

(373К) 4220 Дж/кг*град или 75,96 Дж/моль*град

**Теплоемкость воды (пар) - (373К)
2038 Дж/кг*град. или 36,68 Дж/моль*град.**

(1073К) 2341 Дж/кг*град или 42,14 Дж/моль*град

**Теплота парообразования составляет
2300000 Дж/кг или 41400 Дж/моль**

Влияние воды на процесс горения значительно

(Теплоемкость гидратации HO^* = от - 120 до - 3 Дж/моль*град. для соответственно 278 и 373 К)



Выделившаяся энергия реакции (1) идет на нагрев всех компонентов топливно-воздушной смеси от 25 до 1500 °С, в том числе;

1-на преодоление эндотермической стадии инициирования процесса горения (49,28%):



– 2- на нагрев паров воды, входящей в состав топлива (необходимо около 1,34 кДж ,что составляет около 0,15% от количества энергии получаемой при сжигании метана);

- 3- на нагрев паров воды , входящей в состав воздуха, расходуется около 14,27 кДж или 1,6 %;

- 4- на термическое разрушение молекулы воды по реакции:



- В перед пламенный период при температурах более 1000 ° С резко возрастает скорость реакции (3),на которую расходуется от 12 до 15% от количества энергии получаемой при сжигании метана(максимум 16,77 %).

- Энергетические расходы на нагрев и термическое разложение воды составляют около 165,21 кДж / моль CH_4 (18,52%). Это теоретически возможная величина для системы Г-Г.
- Для процесса горения твердого топлива общее количество нецелевой затрачиваемой энергии (выделение воды - сорбированной и кристаллической -, нагрев воды и паров, термолиз их, выделение летучих соединений, инициирование горения коксового остатка) составляет около 6039,53 кДж / кг (22,83%).
- **Как избежать этих нецелевых затрат топлива?**

Снижение энергетических затрат в процессах горения

Единственным путем минимизации непроизводительных энергетических затрат является предельное снижение содержания паров воды в пред пламенный период.

Для решения такой задачи предложено перевести воду в ее составляющие в зоне низкотемпературной плазмы барьерного разряда.

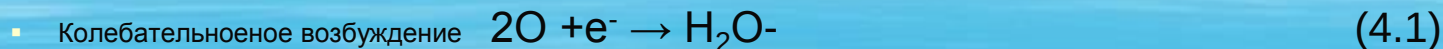
Неравновесная плазма, при ее кратковременном воздействии на зону горения, дает возможность проводить химические реакции, которые в обычных условиях возможны при значительных энергетических затратах протекают очень медленно или совсем не протекают.

Найдены условия образования низкотемпературной плазмы перед зоной реакции , при которых возникают **резонансные** частоты колебаний, вступающие в резонанс с молекулами воды и инициирующие первичные стадии подготовки топливно-воздушной смеси.

При этом температура электронов электрического поля и молекул ТВС достигает нескольких тысяч градусов без существенного нагрева реакционной смеси . Возникают условия протекания химических реакций при низких температурах и низких энергетических барьерах.

Таким образом, решается замена термического преодоления энергии активации эндотермических первичных реакций (частично), протекающих в неупорядоченном диффузионном режиме, на ионно-радикальные реакции в зоне направленного действия низкотемпературной плазмы- стриммеров разряда.

- Из всех молекул, присутствующих в газовой фазе (азот, кислород, пары воды, метан и другие), наибольший интерес представляют молекулы воды и кислорода. Более 86% электронов при столкновении с молекулами воды и ионизируют их по реакциям:



- Молекулы кислорода под действием потока «медленных» электронов переходят в возбужденное и ионизированное состояние.

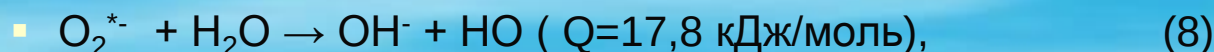


- где O_2^{*-} – супер оксидный ион-радикал; O^* - синглетный кислород.

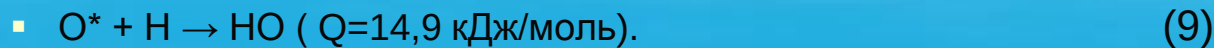
- Ион H_2O^- спонтанно диссоциирует с образованием радикалов:



- Параллельно ион-радикал O_2^{*-} вступает в реакцию с H_2O и синтез. радикал HO



- концентрация радикала HO растет с повышением температуры и ростом количества атомов водорода в смеси:



В газовой смеси уменьшается содержание воды. Образуются радикалы и ионы, теплоемкость которых на 2-2,5 порядка меньше теплоемкости воды. Некоторые радикалы имеют даже аномально отрицательное значение теплоемкости.

Образовавшиеся из паров воды радикалы HO , HO_2 , H снижают температуру зажигания топливно-воздушной смеси, снижают энергетический барьер за счет радикальных реакций:



Вместо энергетических затрат на термическое разложение воды окисление радикалов HO , H приводит:

- к получению дополнительного энергетического эффекта по реакциям:

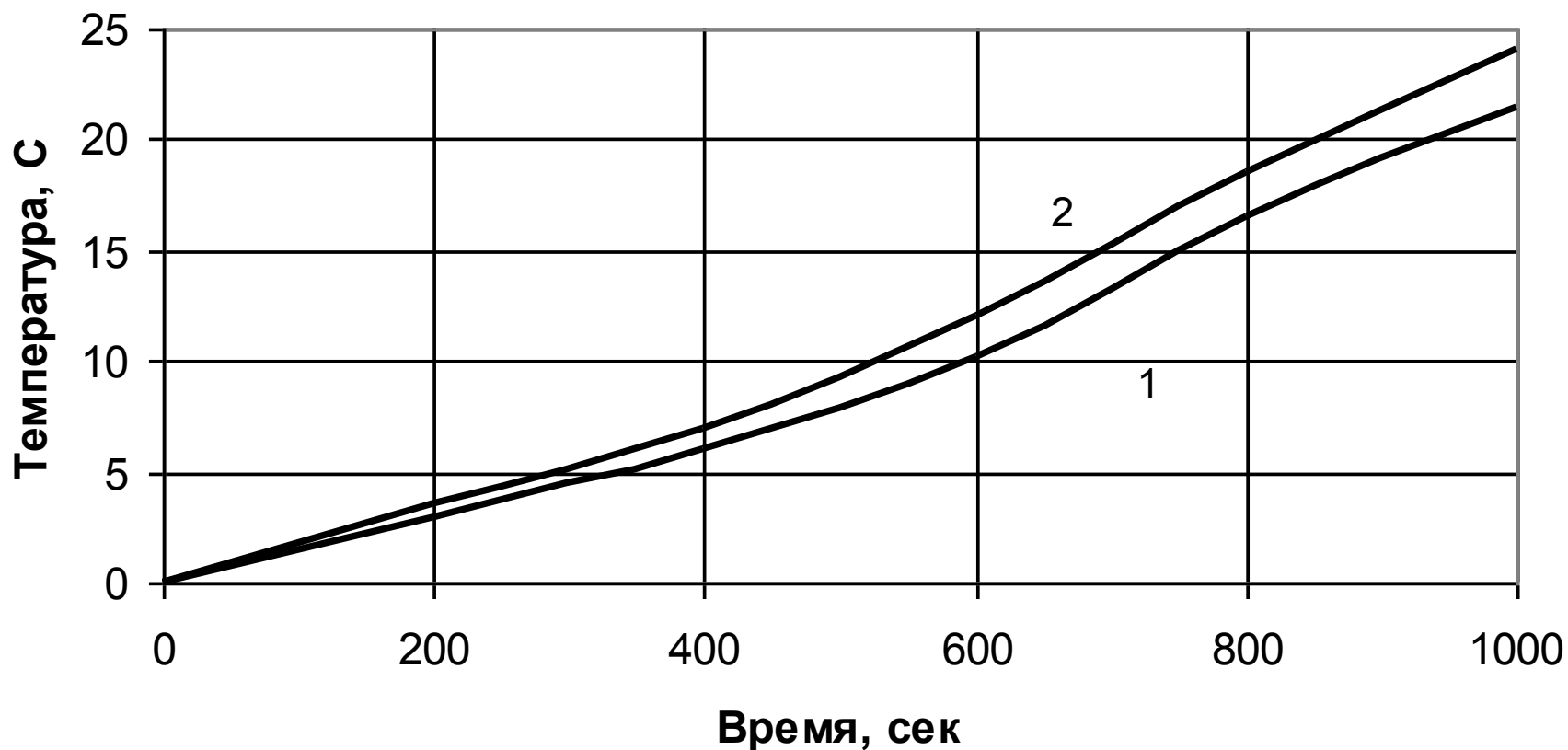


- к раннему появлению в газовой смеси перед зоной горения атомарного кислорода, который приводит к зажиганию топливно-воздушной смеси. Каскад окислительных реакций изучен.

Лабораторная установка

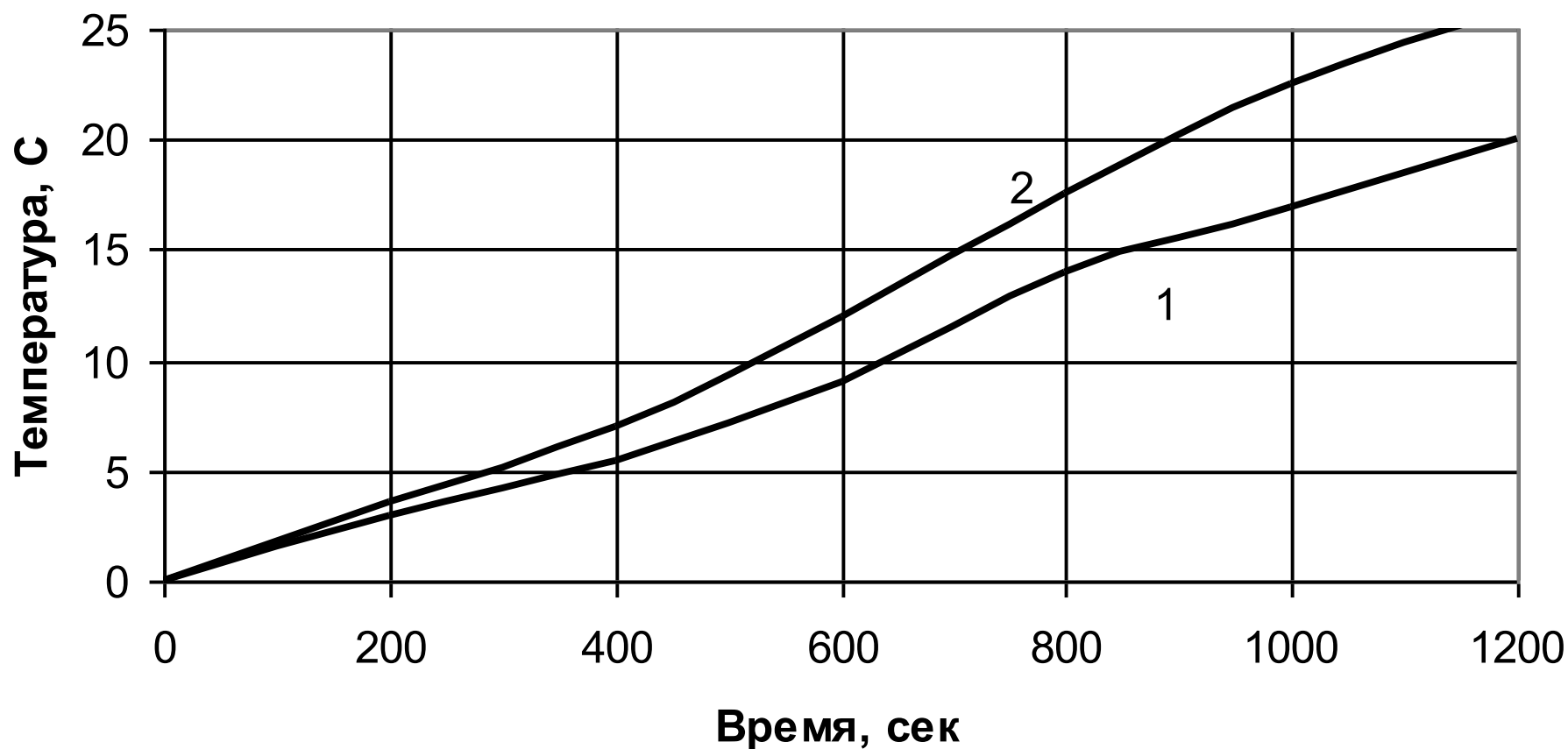


НАГРЕВ 100 дм³ ВОДЫ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРА



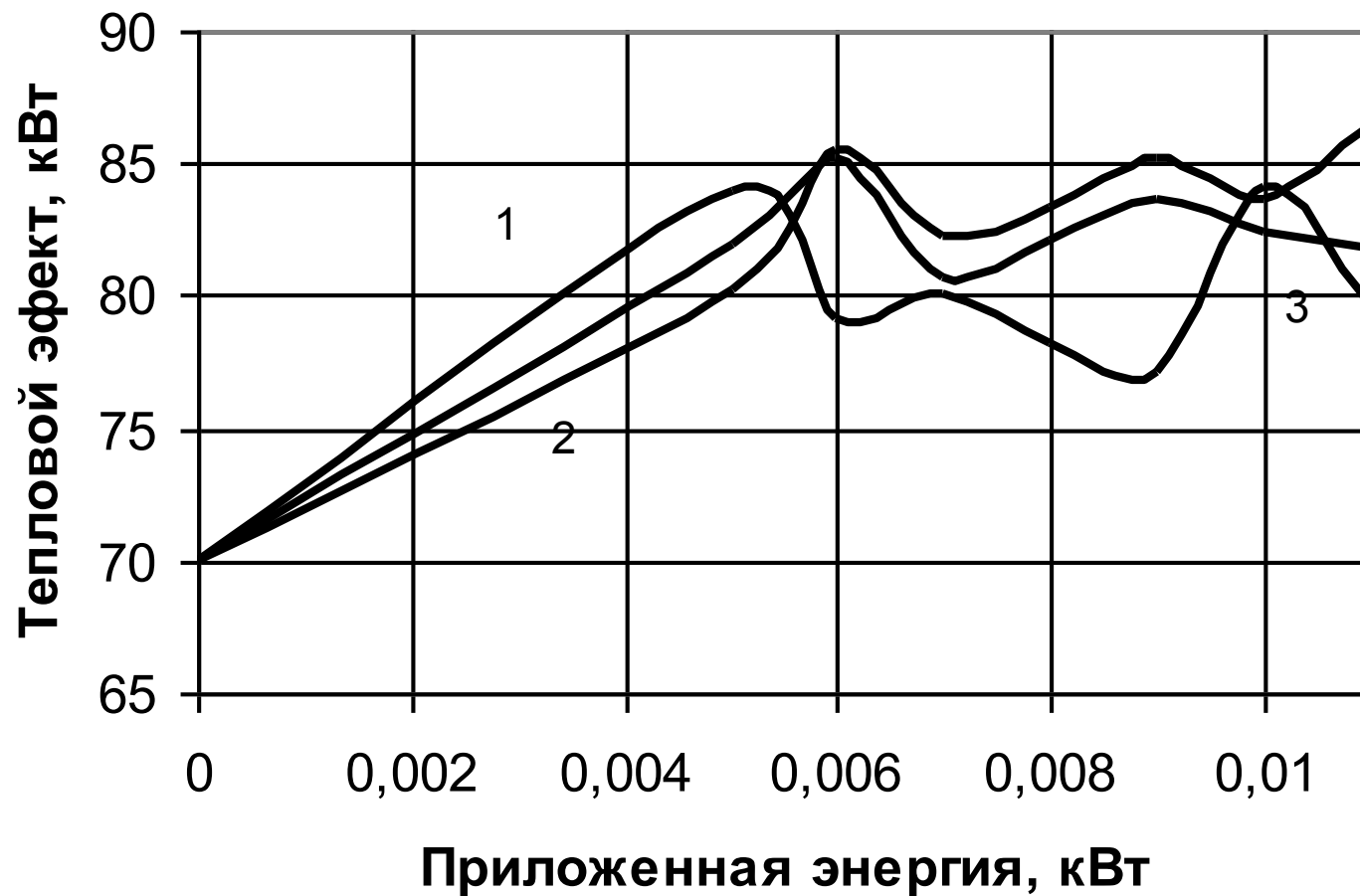
1 – без обработки; 2 – с обработкой

НАГРЕВ 100 дм³ ВОДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАТАЛИЗАТОРА

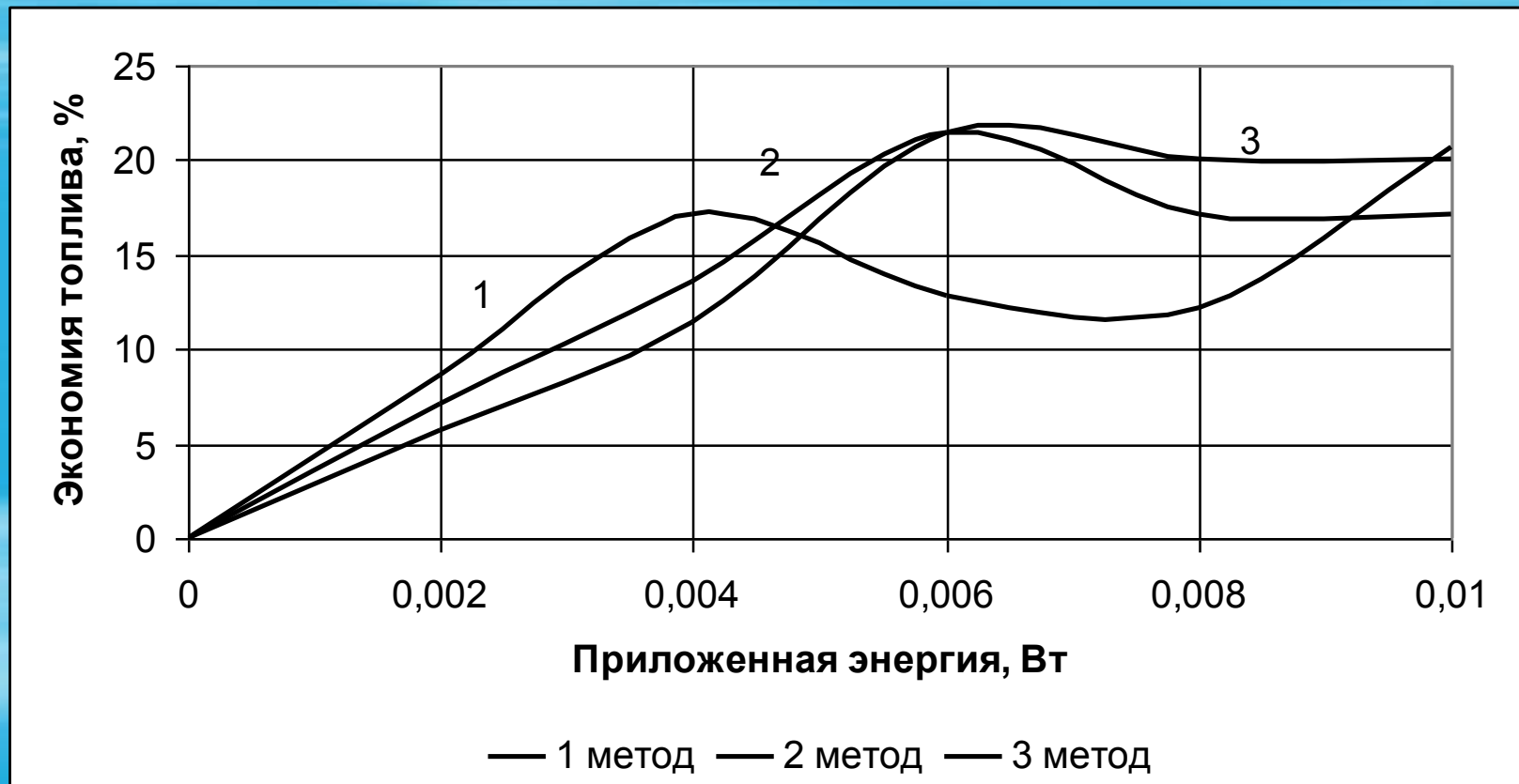


1 – без обработки; 2 – с обработкой

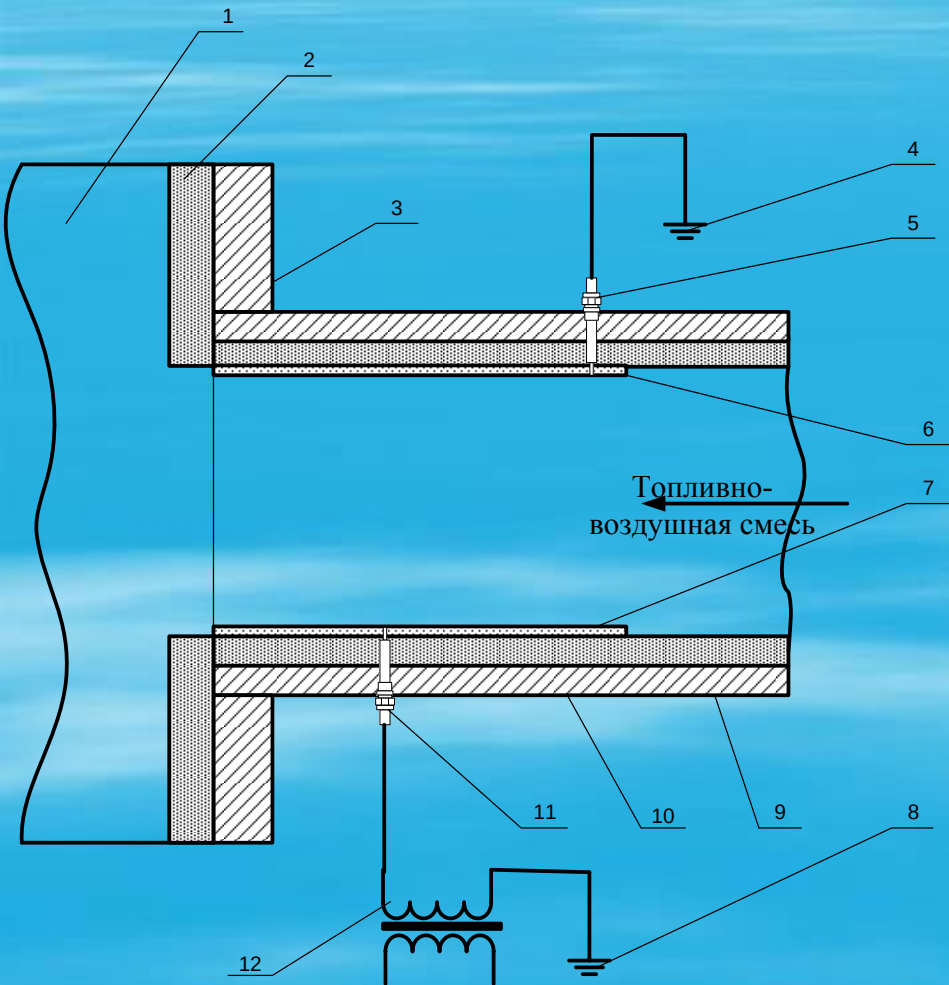
ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТ



ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ГОРЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА



1- горелка;

2 – изоляция горелки;

3- корпус горелки;

4 – заземляющий контур низковольтного электрода;

5 –свеча низковольтного электрода;

6 - низковольтный электрод;

7-высоковольтного электрода;

8- заземляющий контур источника питания;

9-корпус топливопровода;

10 – изоляция топливопровода;

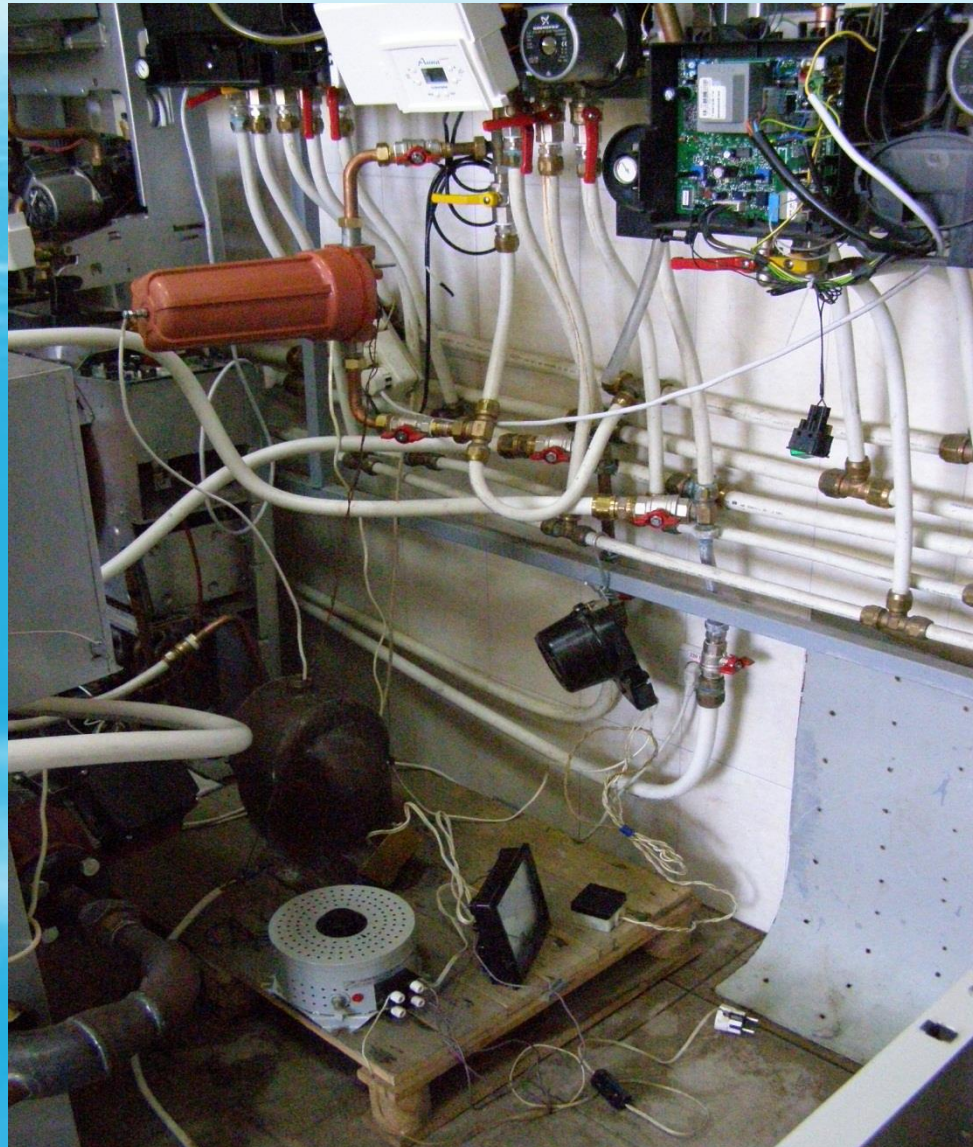
11- свеча высоковольтного электрода;

12- источник питания;

СТЕНДОВАЯ УСТАНОВКА 1



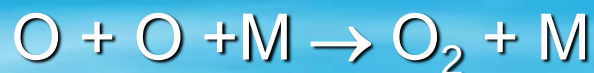
СТЕНДОВАЯ УСТАНОВКА 2



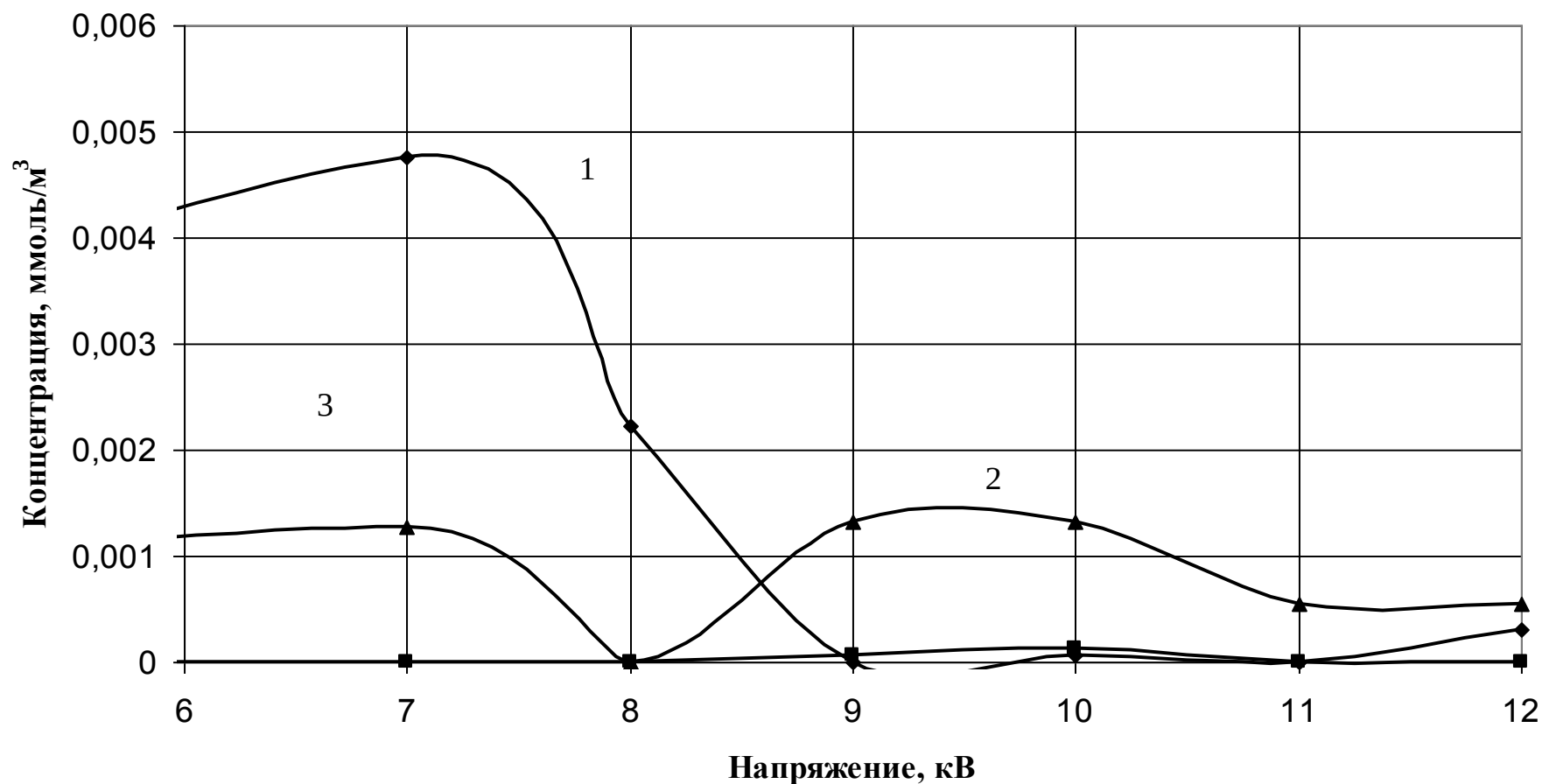
- Удельная мощность установки возрастает на 15,6 -18,3%.
- Альтернативное горение приводит к снижению токсичности дымовых газов: достигнуто снижение концентрации оксидов азота – на 60 %; оксида углерода (II) - на 80 %; углеводородов – на 98 %.
- При постоянной мощности наблюдается стабильная экономия топлива.

Благодарю за внимание!

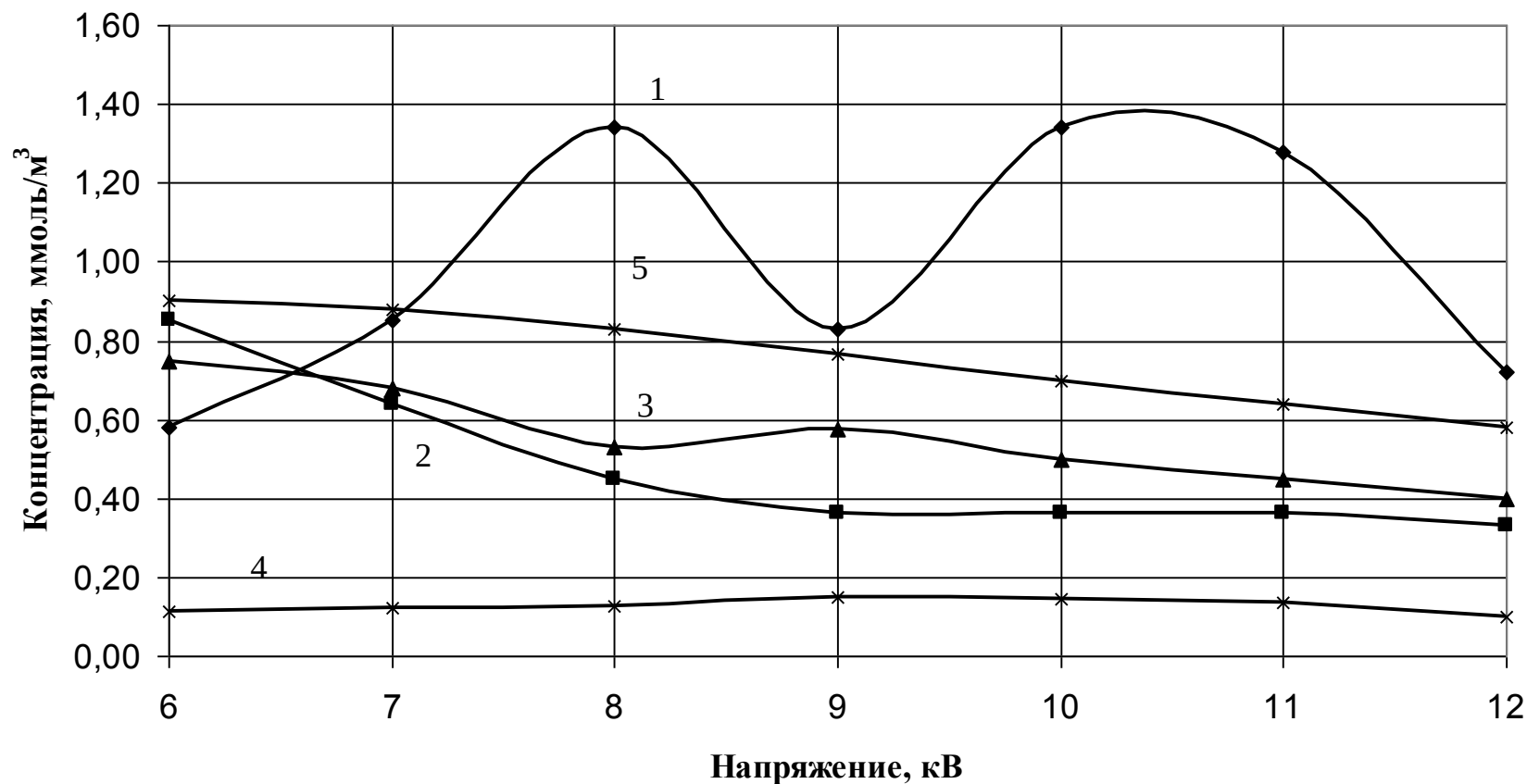
ОБРАЗОВАНИЕ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ РАДИКАЛОВ В ЗОНЕ РАЗРЯДА



ОБРАЗОВАНИЕ РАДИКАЛА НО* ПРИ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ КИСЛОРОДА(частота 50Гц)



ОБРАЗОВАНИЕ РАДИКАЛА НО* ПРИ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ КИСЛОРОДА(резонансная частота)



- **Приглашаем к сотрудничеству**

- Адрес: 18016, г.Черкассы,
вул.Седова 1-17

- Телефон: +38047273-02-21

- Моб. телефон: 066 2966857



E-mail: radikal@ukr.net