

Таблица 1

## Характеристики станций АИС

	г. Таганрог	г. Ейск
Координаты (широта и долгота)	47.14° N, 38.54° E	46.41° N, 38.17° E
Высота над уровнем моря, м	50	4
Доступность	98 %	99,4%
Расстояние приема в морских милях	19.16 (37.2макс.)	26.95 (73.85 макс.)
Статистика данных (судов в зоне охвата / получено записей в час)	43 / 344	83 / 1141
Зона охвата (км <sup>2</sup> )	984	2829

Реализованные решения применены на сайте администрации морского порта г. Таганрог ([www.ampt.ru](http://www.ampt.ru)), где любой желающий в режиме он-лайн может наблюдать расположение судов не только в пределах порта, но и во всем Таганрогском заливе.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Маринич А.Н., Проценко И.Г., Резников В.Ю. и др.* Судовая автоматическая идентификационная система. – М: Судостроение, 2004.
2. Интернет: <http://www.marinetraffic.com/ais/ru/>.
3. *Бойченко М.М., Молчанов А.Ю.* Автоматические идентификационные системы: опыт эксплуатации приемников / Труды "IX Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов "информационные технологии, системный анализ и управление". – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – С. 101-107.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

**Бойченко Михаил Михайлович** – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: [mishaboy@gmail.com](mailto:mishaboy@gmail.com); 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371773; кафедра систем автоматического управления; доцент.

**Молчанов Артем Юрьевич** – e-mail: [artem2mvsc@mail.ru](mailto:artem2mvsc@mail.ru); кафедра систем автоматического управления; доцент.

**Boychenko Mihail Mihajlovich** – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: [mishaboy@gmail.com](mailto:mishaboy@gmail.com); 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371773; the department of automatic control systems; associate professor.

**Moltchanov Artem Yur'evich** – e-mail: [artem2mvsc@mail.ru](mailto:artem2mvsc@mail.ru); the department of automatic control systems; associate professor.

УДК 621.43: 629.113

**Н.К. Полуянович, А.Н. Питула**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО УСТРОЙСТВА ОЗОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ ДВС**

*Приводятся обобщенные результаты экспериментальных исследований, нацеленных на преобразование кислорода в озон. Выявлена и оптимизирована зависимость горения топлива с кислородом и озоном. Осуществлен анализ результатов исследований концентрации отработанных газов, с использованием озонатора и без него и зависимости мощ-*

ности ДВС от используемого окислителя. Проведены химические расчеты описывающие качество горения топлива с применением разных окислителей. Полученные в ходе математического расчета результаты, свидетельствуют об адекватности разработанного опытного образца.

*Синтез озона, импульсный преобразователь, озонатор.*

**N.K. Poluyanovich, A.N. Pritula**

### DESIGNING OF THE ADAPTIVE DEVICE OF OZONIZATION OF AIR OF SYSTEM TOPLIVOPODACHI DVS

*The article summarizes the results of experimental studies aimed to convert oxygen into ozone. Identified and optimized combustion dependence fuel with oxygen and ozone. The analysis of the results of research concentration of exhaust gases, with and without the ozone generator and dependence power from internal combustion engines used oxidant. Conducted chemical calculations describing quality of fuel combustion with various oxidants. Received during the mathematical calculation results indicate the adequacy of the developed a prototype.*

*Ozone synthesis, the pulse converter, ozonator.*

**Введение.** Стремительный рост автотранспортных средств неизбежно приводит к все увеличивающемуся уровню загрязнения окружающей среды. Работа посвящена разработке способа борьбы с вредными выбросами выхлопных газов автомобилей путем добавления сильного окислителя – озона в топливо-воздушную смесь во впускном тракте двигателя внутреннего сгорания (ДВС) [1].

Преимуществом использования озона в системе топливоподачи ДВС является то, что он представляет собой экологически чистый окислитель. Производство озона не приводит к загрязнению окружающей среды, и он не дает нежелательных побочных продуктов. Задача увеличения полноты сгорания топлива, снижения содержания токсичных веществ в отработавших газах является актуальной.

**Устройство системы синтеза озона.** Поступающий кислород в составе воздуха во время работы двигателя внутреннего сгорания проходит через озонатор (рис. 2) [2, 3]. Озонатор представляет собой трубу в двумя сетками (рис. 1), на которые подается высокое напряжение, несколько десятков кВ [5, 7].

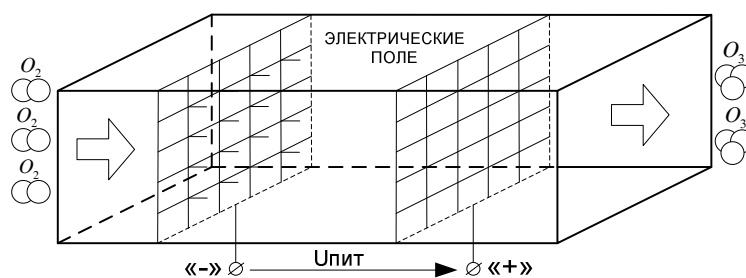


Рис. 1. Структурная схема озонаторной установки

Под действием электрического поля высокого напряжения, часть молекул кислорода расщепляются на отдельные атомы, в дальнейшем они стремятся присоединиться к не разделившимся молекулам кислорода, в результате чего образуются молекулы озона, которые затем поступают в камеру сгорания двигателя [1].

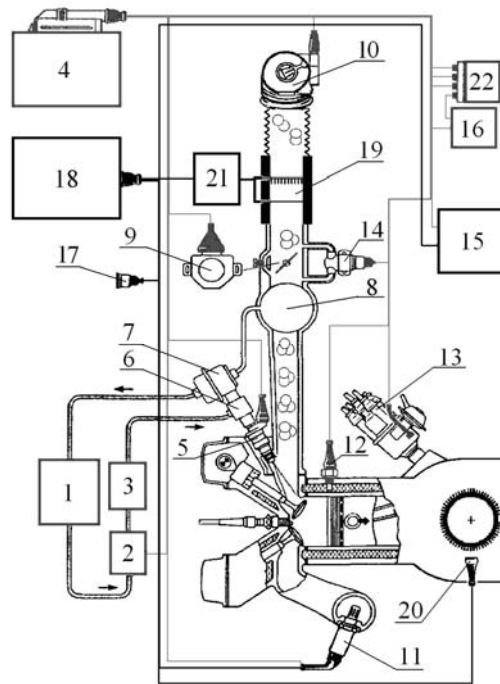


Рис. 2. Адаптивная система озонирования воздуха для двигателя внутреннего сгорания: 1 – топливный бак; 2 – электрический топливный насос; 3 – топливный фильтр; 4 – электронный блок управления двигателем; 5 – форсунка; 6 – топливная рампа; 7 – регулятор давления топлива; 8 – впускной трубопровод; 9 – датчик положения дроссельной заслонки; 10 – датчик массового расхода воздуха; 11 – датчик кислорода; 12 – датчик температуры двигателя; 13 – датчик-распределитель системы зажигания; 14 – регулятор холостого хода; 15 – аккумуляторная батарея; 16 – выключатель зажигания; 17 – датчик влажности окружающего воздуха; 18 – электронный блок управления озонатором; 19 – озонатор; 20 – датчик оборотов коленчатого вала, 21 – преобразователь напряжения, 22 – реле управления

**Расчет горения топливно-воздушной смеси.** Рассчитаем количество озона, необходимого для полного сгорания топлива за один оборот коленчатого вала для двигателя с объемом 1,5 л. Объем одного цилиндра равен 0,375 л.

За один оборот коленчатого вала совершается два такта, т.е. необходимо затратить 0,75 л топливно-воздушной смеси (рис. 3).

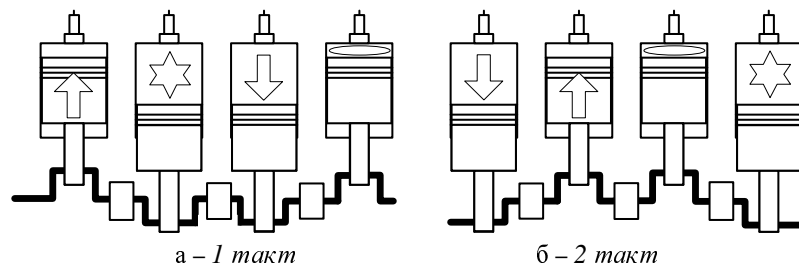


Рис. 3. Диаграмма работы ДВС за один оборот коленчатого вала

Для лучшего горения топливо-воздушной смеси используют стехиометрический состав смеси: 1 кг топлива (бензина) к 14,7 кг воздуха [5, 6].

Переводим соотношение стехиометрического состава смеси из килограмм в литры, зная, что 1 кг бензина=1,333 л, 1 кг воздуха = 800 л воздуха:

$$\lambda = \frac{1 \cdot 1,333}{14,7 \cdot 800} = \frac{1,333 \text{ л}}{11760 \text{ л}}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – стехиометрический состав смеси в литрах.

Считаем соотношение бензин/воздух на 1 л бензина (делим дробь на 1,333):

$$\lambda = \frac{1,333 \text{ л}}{11760 \text{ л}} = \frac{1 \text{ л}}{8822 \text{ л}}. \quad (2)$$

Общий объем, занимаемый топливо-воздушной смесью, равен 8523 л. Далее считаем потребление топливо-воздушной смеси за оборот коленчатого вала:

$$Vp = 0,750 \cdot \frac{1}{8823} = 0,000085005 \text{ л}, \quad (3)$$

где  $Vp$  – потребление бензина в литрах за 1 оборот коленчатого вала.

$$Va = 0,750 \cdot \frac{8822}{8823} = 0,749915 \text{ л}, \quad (4)$$

где  $Va$  – потребление воздуха в литрах за 1 оборот коленчатого вала.

Переводим литры в граммы и получаем:

$$mp = 0,000085005 \text{ л} \rightarrow 0,0638 \text{ г}, \quad (5)$$

где  $mp$  – потребление бензина в граммах за 1 оборот коленчатого вала.

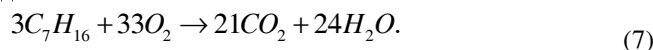
$$ma = 0,749915 \text{ л} \rightarrow 969,640 \text{ г}, \quad (6)$$

где  $ma$  – потребление воздуха в граммах за 1 оборот коленчатого вала.

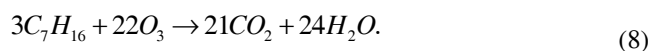
Рассмотрим горение бензина с кислородом и озоном. Бензин представляет собой смесь насыщенных углеводородов ( $C_5 - C_{10}$ ), но так как он имеет не постоянное процентное соотношение углеводородов, поэтому выберем гептан, как углеводород со средним октановым числом, для дальнейших расчетов.

Сравним горение гептана с кислородом и озоном.

1. Горение с кислородом:



2. Горение с озоном:



Молярная масса гептана:

$$M(C_7H_{16}) = 7 \cdot 12,011 + 16 \cdot 1,008 = 100,205 \text{ г / моль}. \quad (9)$$

Количество и масса вещества [2]:

$$\nu(3(C_7H_{16})) = 3 \text{ моль}. \quad (10)$$

$$m(3(C_7H_{16})) = 300,615 \text{ г}. \quad (11)$$

Рассчитаем количество кислорода для полного сгорания 0,0638 г бензина:

$$33(O_2) \cdot 22,4 = 739,2 \text{ л}, \quad (12)$$

где 22,4 – это объем 1-го моля газа при нормальных условиях.

Рассчитаем количество кислорода для полного сгорания 0,0638 г бензина:

$$\frac{300,615 \text{ г}}{739,2 \text{ л}} = \frac{0,0638 \text{ г}}{\eta o}, \quad (13)$$

отсюда получим:

$$\eta_o = 0,156882 \text{ л.}$$

Для сгорания 0,0638 г бензина необходимо затратить 0,156882 л кислорода.  
Рассчитаем количество воздуха для полного сгорания 0,0638 г бензина:

$$\eta_a = \frac{0,156882}{20,9476} \cdot 100 = 0,748924 \text{ л.} \quad (14)$$

Для сгорания 0,0638 г бензина необходимо затратить 0,748924 л воздуха.  
Рассчитаем количество озона для полного сгорания 0,0638 г бензина:

$$22(O_3) \cdot 22,4 = 492,8 \text{ л,} \quad (15)$$

где 22,4 – это объем 1-го моля газа при нормальных условиях:

$$\frac{300,615 \text{ г}}{498,8 \text{ л}} = \frac{0,0638 \text{ г}}{\eta_{oz}}, \quad (16)$$

отсюда получим:

$$\eta_{oz} = 0,104804 \text{ л.} \quad (17)$$

Для сгорания 0,0638 г бензина необходимо затратить 0,104804 л озона.

По результатам расчетов составим таблицу сравнения горения топлива с традиционной воздушной смесью (кислородом) и озонированной воздушной смесью за один оборот коленчатого вала (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительная таблица результатов расчета.**

Критерий сравнения	Вид окислителя в воздушной смеси	
	кислород	озон
Объем потребленной воздушной смеси (л)	0,156882	0,104804
Количество сгоревшего бензина (г)	0,0638	0,0638

**Вывод.** Из результатов расчета сведенных в табл. 1, видно, что объем озонированной смеси меньше, чем объем традиционной воздушной смеси для сгорания одного и того же количества бензина, следовательно, количество озона в камере сгорания ДВС больше, чем кислорода, поэтому происходит лучшее сгорание топлива и полное сгорание вредных веществ.

**Экспериментальное исследование.** На рис. 4 представлены временные диаграммы содержания СН (углеводорода), СО (угарного газа), СО<sub>2</sub> (углекислого газа), О<sub>2</sub> (кислорода) в отработанных газах. Мощность потребляемая устройством для преобразования озона равна 60 Вт. Данные содержания СН, СО, СО<sub>2</sub>, О<sub>2</sub> в отработанных газах в результате экспериментального исследования двигателя автомобиля ВАЗ 2107 на холостом ходу (ХХ) показывают, что без применения озонатора (данные слева) количество СО составляет 6,4 % и СН 335 ppm. При включении озонатора (данные справа) СО снизилось до 4,48 % и СН до 235 ppm.

Проведен эксперимент на том же автомобиле, но на 2000 об/мин двигателя. Без применения озонатора количество СО составляет 9,83 % и СН 410 ppm. При включении озонатора СО снизилось до 8,69 % и СН до 290 ppm.

В обоих экспериментах количества СН и СО снижаются примерно на 30 %. Для снижения вредных веществ на 100 % необходимо увеличить мощность установки в 3,3 раза и она составит 200 Вт.

Сравнив полученные результаты (рис. 5) видим, что в проведенных экспериментах значение СН снизилось на 30 %, а СО, в первом случае (при ХХ) на 30 %, во втором (при 2000 об/мин) на 22 %. Для снижения вредных веществ на 100 % необходимо увеличить мощность установки в 3,3 раза и она составит 200 Вт.

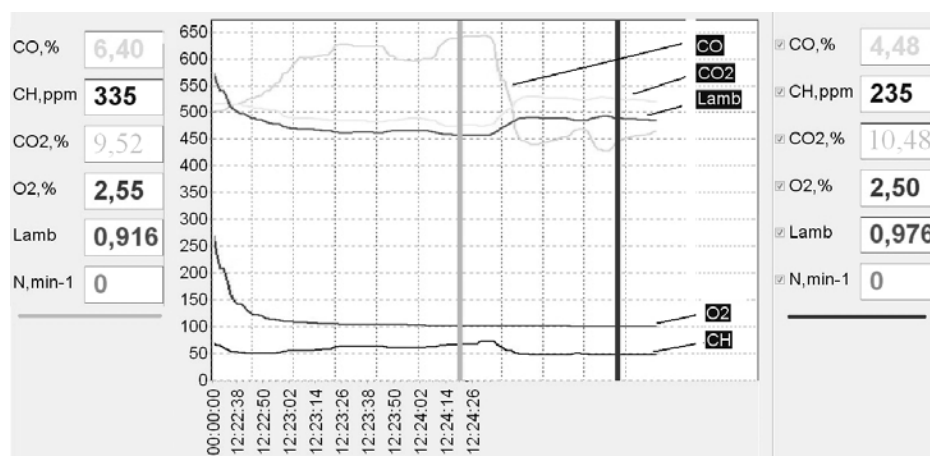


Рис.4. Временные диаграммы выхлопных газов автомобиля на холостом ходу (XX)

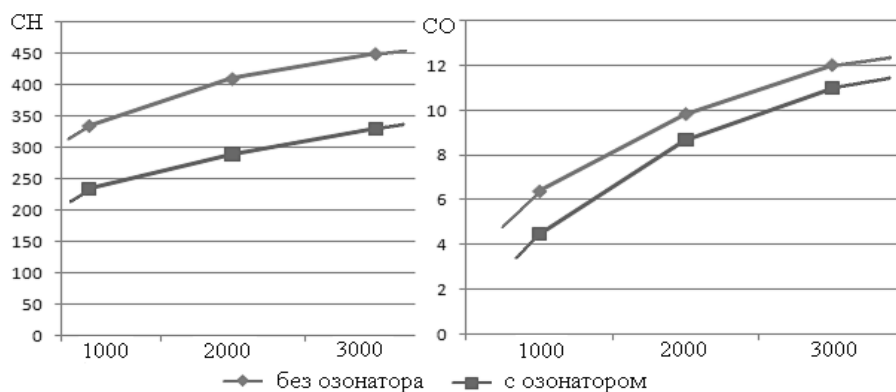


Рис. 5. Зависимости значения CH и CO от оборотов двигателя

**Определение количество синтеза озона.** Рассчитаем объем озона, которое преобразует озонатор мощностью 60 Вт на XX (800 об/мин). Известно, что за один оборот коленчатого вала потребляется 0,1568816 л кислорода:

$$P = 60 \text{ Вт.} \tag{6}$$

Мощность озонатора:

$$n = 800 \text{ об / мин.} \tag{7}$$

Обороты двигателя:

$$E = \frac{P \cdot 60}{n} = 4,5 \text{ Дж} \tag{8}$$

Энергия вырабатываемая устройством.

Найдем объем преобразованного озона при затрачиваемой энергии 4,5 Дж:

$$\frac{22,4}{495000} = \frac{V}{4,5} \tag{9}$$

Отсюда:

$$V = \frac{22,4 \cdot 4,5}{495000} = 0,0002 \text{ л.} \tag{10}$$

Объем озона преобразованного за минуту на 800 оборотах двигателя.

Для 2000 об/мин проводятся аналогичные расчеты.

**Выводы:**

1. Разработана электрическая схема импульсного преобразователя напряжения.
2. Рассчитано количество необходимого озона для полного сгорания топлива в зависимости от оборотов двигателя автомобиля.
3. Проведены исследования по анализу выхлопных газов и выявлено, что значительно снижен выброс вредных веществ в атмосферу (СО, СН).

Проведенные экспериментальные исследования показали, что использование альтернативного топлива (озона), в виде окислителя, улучшает технико-экономические характеристики работы ДВС. Анализ полученных зависимостей, позволяет сделать следующие выводы:

1. Увеличение уровня СО<sub>2</sub> указывает на лучшее сгорание топливной смеси.
2. Снижение содержания СО свидетельствует о достатке окислителя при сгорании ТВС.
3. Снижение содержания СН, свободного радикала бензина, говорит о том, что топливо в камере сгорания сгорает лучше (полнее).
4. Использование разработанной установки озонирования воздуха поступающего в ДВС, мощностью 60 Вт, позволило значительно снизить выбросы СО и СН в атмосферу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Притула А.Н., Полуянович Н.К.* Разработка и исследование системы топливоподачи на базе озонатора. Сборник трудов II Международной научно-практической конференции молодых ученых. – Томск, 2010. – С. 233.
2. *Ютт В.Е.* Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия Телеком, 2006. – 440 с.
3. *Акимов С.В., Чижков Ю.П.* Электрооборудование автомобилей: Учебник для вузов. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 384 с.
4. Журнал Радио № 12 2002 год. ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЕМ.
5. [http://ru.wikipedia.org/wiki/ Озон](http://ru.wikipedia.org/wiki/Озон) – химические реакции озона.
6. [http://ru.wikipedia.org/wiki/ Кислород](http://ru.wikipedia.org/wiki/Кислород) – химические реакции кислорода.
7. [http://ru.wikipedia.org/wiki/ Озонатор](http://ru.wikipedia.org/wiki/Озонатор) – принцип работы озонатора.
8. [http://www.ion.moris.ru/Lus\\_chi/lus\\_chi.html](http://www.ion.moris.ru/Lus_chi/lus_chi.html) – К.снхф Люстра Чежевского.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.С. Кужаров.

**Полуянович Николай Константинович** – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: [nik1-58@mail.ru](mailto:nik1-58@mail.ru); 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский 44; тел.: 88634610421; +79185693365; кафедра электротехники и мехатроники; к.т.н.; доцент.

**Притула Артем Николаевич** – e-mail: [pritula\\_a@mail.ru](mailto:pritula_a@mail.ru); тел.: +79281925228; student.

**Poluyanovich Nikolay Konstantinovich** – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: [nik1-58@mail.ru](mailto:nik1-58@mail.ru); 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phones: +78634610421; +79185693365; the department of electrical engineering and mechatronics; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Pritula Artem Nikolaevich** – e-mail: [pritula\\_a@mail.ru](mailto:pritula_a@mail.ru); phone: +79281925228; студент.