

6. Использование МЭРМ приводит к незначительному увеличению выбросов твердых частиц дизелем.

#### **Литература:**

1. Марков В.А., Гайворонский А.И., Девянин С.Н., Пономарев Э.Г. Рапсовое масло как альтернативное топливо для дизеля // "Автомобильная промышленность". – 2006. – № 2
2. V. Sencila, V. Smailys, A. Marchenko, A. Prochorenko, A. Osetrov, K. Bereisiene Assessment of chemmotological properties of vegetable oils derived fuels.//Sea and environment, 2004, No 2(11). PP. 24-35.
3. Марченко А.П., Червонный С.И., Мешков Д.В. Программное обеспечение автоматизированного комплекса для исследований двигателя внутреннего сгорания. // Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных работ. Тематический выпуск: Информатика и моделирования. - Харьков: НТУ „ХПИ”. - 2004. - №46.
4. Марченко А. П., Прохоренко А.А., Мешков Д. В. Универсальный автоматизированный стенд для испытаний ДВС // Вестник Национального технического университета „ Харьковский политехнический институт”. - Харьков: НТУ „ХПИ”. - 2006. - С.193-197.
5. Парсаданов И.В., Мешков Д.В., Прохоренко А.А. Компенсация погрешности при регистрации давления в цилиндре ДВС пьезокерамическим датчиком // Авиационно-космическая техника и технология, 7/33, 2006 г. - С.198 - 200.
6. Звонов В.А., Марченко А.П., Парсаданов И.В., Поливянчук А.П. Оценка выброса твердых частиц с отработавшими газами автотракторного дизеля // Двигатели внутреннего сгорания. - 2006. - № 2. - С. 64-67.

## **6. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ**

### **УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ**

**Карташевич А.Н., Белоусов В.А.**

(Белорусская государственная сельскохозяйственная академия)

Широкомасштабное использование двигателей внутреннего сгорания в различных сферах человеческой деятельности приводит к целому ряду негативных последствий, связанных в первую очередь с загрязнением окружающей среды токсичными компонентами отработавших газов. Анализ современных исследований, направленных на разработку малотоксичных дизелей, свидетельствует, что эффективное снижение дымности отработавших газов может быть достигнуто посредством их дополнительной очистки от твердых частиц устройствами, устанавливаемыми в системе выпуска. При этом методы воздействия на рабочий процесс двигателя рассматриваются как необходимые, но недостаточные с точки зрения достижения экологических показателей двигателей, соответствующих современным стандартам.

К устройствам дополнительной очистки отработавших газов от твердых частиц в процессе выпуска можно отнести следующие: механические фильтры, ката-

литические окислители сажи, термореакторы, барботажные системы и др. Из перечисленных и известных систем очистки наиболее эффективными являются сажевые фильтры, отличающиеся высокой степенью очистки (80...99 %), простотой конструкции, относительно небольшими габаритными размерами, невысокой стоимостью. В настоящее время наиболее разработанными являются керамические сажевые фильтры, фильтры с наполнителем из металлической окалины, тканых либо путаных волоконных нитей. К недостаткам описанных конструкций относятся следующие: малая величина сажеёмкости; необходимость в периодической регенерации, очистке или замене фильтрующего элемента; зависимость газодинамического сопротивления фильтра от количества собранной им сажи; увеличение сопротивления на выпуске, что приводит к снижению коэффициента наполнения, повышению коэффициента остаточных газов, удельного расхода топлива и дымности отработавших газов. Описанные недостатки сажевых фильтров существенно ограничивают их практическое широкомасштабное применение. В связи с этим возникает необходимость поиска альтернативных методов очистки отработавших газов от твердых частиц и конструкций соответствующих им устройств. Перспективным направлением в этой области могут стать электроразрядные технологии газоочистки. Электроразрядные газоочистители обладают рядом преимуществ по сравнению с другими альтернативными вариантами. К ним относятся следующие: высокая степень очистки (99% и более); малая величина удельных энергозатрат процесса газоочистки; незначительная величина газодинамического сопротивления устройства и ее независимость от количества собранных твердых частиц; возможность очищать газовые потоки от твердых частиц и газообразных токсичных компонентов в одном газоразрядном объеме.

Известные в настоящее время конструкции электроразрядных систем можно разделить на две группы: электрофильтры и плазмохимические очистители. Конструкции электрофильтров, хорошо зарекомендовавшие себя в промышленности, абсолютно не пригодны для очистки отработавших газов дизелей от сажи в силу следующих причин: на мобильной технике должен использоваться малогабаритный газоочиститель, что автоматически требует производить очистку газового потока при высокой скорости прохождения газов через устройство, чего не могут обеспечить электрофильтры; дизельная сажа имеет хорошую электропроводность, что способствует быстрому выходу из строя высоковольтных изоляторов либо прекращению процесса очистки по причине короткого замыкания высоковольтной цепи через слой сажевых частиц, осевших на поверхности изоляторов; высокая температура очищаемых газов и широкий интервал ее изменения (100...650 °C), высокая химическая активность среды значительно повышают требования к качеству изготовления устройств и материалу электродных систем.

Существующие в настоящее время конструкции плазмохимических систем используются для очистки газовых потоков от оксидов азота и других газообразных токсичных компонентов. Несмотря на довольно успешные практические результаты, полученные в данной области (90% по степени очистки от NO<sub>x</sub>), применение плазмохимических систем для дизелей ограничено лишь модельными образцами. Данный факт объясняется тем, что существующие конструкции плазмохимических систем довольно чувствительны к наличию в отработавших газах электропроводящей сажи и предполагают очистку газовых потоков, не содержащих дисперсных аэрозольных частиц.

Электрофильтр-дожигатель представляет собой устройство обеспечивающее очистку отработавших газов от сажевых частиц посредством их осаждения на оса-

дительных электродах с последующим межэлектродным дожигом [1, 2]. Разработаны и испытаны две конструкции электрофильтров-дожигателей (рис. 1), которые при относительно небольших габаритных размерах ( $0,15 \text{ м}^3$  для дизеля Д-243; 70 кВт), обеспечивают скорость газа у осадительных электродов  $0,7...1,55 \text{ м/с}$ . Межэлектродный дожиг осуществляется на осадительных электродах по мере осаждения частиц и образования электропроводящего «мостика» из сажевых частиц. Преимуществом первой системы (рис. 1 а) является меньшее рабочее напряжение  $5...7 \text{ кВ}$  ( $15...18 \text{ кВ}$  для второй электродной системы), и следовательно более надежная и стабильная работа изолятора 4. Однако испытания показали, что данная система имеет недостаточную жесткость конструкции и при значительных колебаниях температуры отработавших газов приводит к изменению геометрических параметров и пробоем межэлектродного промежутка.

Геометрические параметры электрофильтра-дожигателя находятся по данным [3], а эффективность работы может быть определена теоретически по полученной зависимости

$$\eta = (1 - e^{-\frac{2wL_c}{vH_c}}) 100,$$

где  $v$  – скорость газового потока в межэлектродном промежутке, м/с;  $w$  – скорость дрейфа частиц, м/с.  $H_c$  – межэлектродное расстояние, м;  $L_c$  – длина осадительной поверхности, м.

Если длина электрического поля  $L_c$ , радиус электрофильтра  $R_2$  и скорость газового потока  $v$  зависят от размеров аппарата, то скорость дрейфа  $w$  – от свойств частиц, газа и режима электропитания.

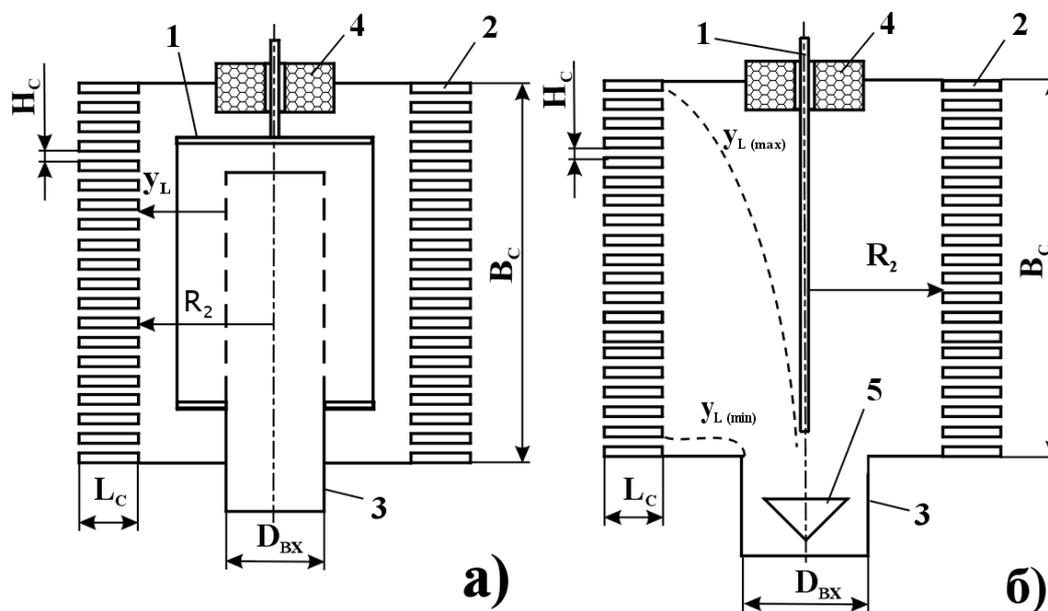


Рис.1. Схемы конструкций электрофильтров-дожигателей: а)–система электродов "ряд проводов между коаксиальными цилиндрами"; б)–система электродов "коаксиальные цилиндры"; 1–коронирующий электрод; 2–система осадительных электродов; 3–входной патрубков; 4–проходной изолятор; 5–конический обтекатель.

На рис. 2 представлены результаты экспериментальных исследований зависимости дымности отработавших газов дизеля Д-243 от напряжения на коронирующем электроде, согласно конструкций рисунка 1

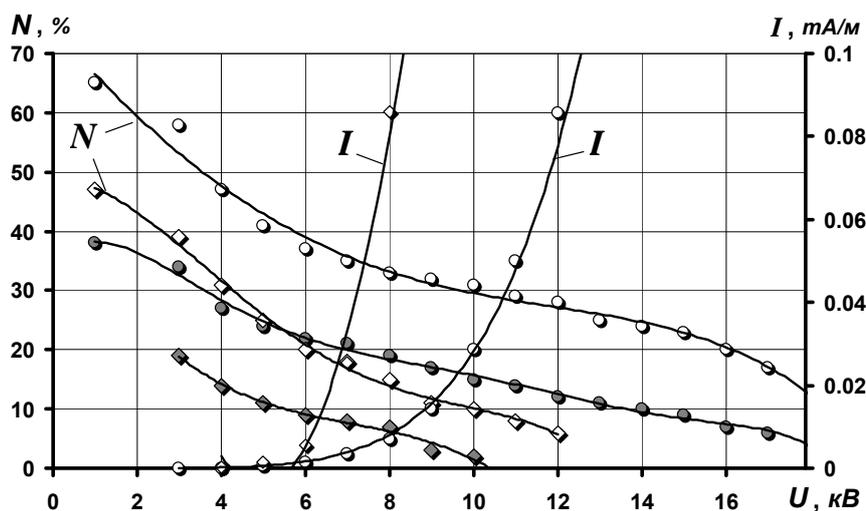


Рис. 2. Зависимость дымности дизеля Д-243 от напряжения на коронирующем электроде: система коронирующих электродов "коаксиальные цилиндры": ( $\circ$ - $\circ$ - $\circ$ ) –  $1450 \text{ мин}^{-1}$ ; ( $\bullet$ - $\bullet$ - $\bullet$ ) –  $2200 \text{ мин}^{-1}$ ; система электродов "ряд проводов между коаксиальными цилиндрами": ( $\diamond$ - $\diamond$ - $\diamond$ ) –  $1450 \text{ мин}^{-1}$ ; ( $\blacklozenge$ - $\blacklozenge$ - $\blacklozenge$ ) –  $2200 \text{ мин}^{-1}$

Анализ графических зависимостей показывает, что дымность отработавших газов, выходящих из электрофильтра, в значительной степени зависит от напряжения между коронирующими электродами.

Для номинального режима работы двигателя и системы коронирующих электродов "коаксиальные цилиндры" повышение напряжения с 3 кВ до 18 кВ приводит к снижению дымности в 8,5 раза. Для номинального режима и системы коронирующих электродов "ряд проводов между коаксиальными цилиндрами" повышение напряжения с 3 кВ до 10 кВ приводит к снижению дымности в 9,5 раза.

Плазмохимический реактор (рис. 3 а) представляет собой многоострийную электроразрядную систему. В плазме стационарного коронного разряда полнопоточного плазмореактора процесс снижения дымности отработавших газов дизеля Д-243 начинается при превышении напряжения на электродной системе уровня 6,5...8 кВ, которое является напряжением зажигания короны. При напряжении превышающем потенциал 14...15 кВ плазмореактор переходит в режим насыщения. Дальнейшее увеличение напряжения является нецелесообразным, поскольку при этом происходит значительное увеличение удельного энергозатрата при малой добавочной величине степени очистки.

На рис. 3 б представлена зависимость удельного содержания твердых частиц от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки для всего скоростного и нагрузочного диапазона (поверхность 1), дымление дизеля с системой сажеочистки (поверхность 2). Как видно из представленных данных, плазмохимический реактор обеспечивает эффективную очистку ОГ от сажи на всем скоростном и нагрузочном диапазоне работы двигателя. В области нагрузочных режимов, соответствующих зонам с максимальной величиной крутящего момента, максимальная величина дымности очищенных газов достигает величины 2,3% или 0,041 г/кВтч, что в 2,44 раза меньше, чем требование стандарта EURO-3 и в 1,94 раза ниже требований стандарта EURO-5, введение которого планируется с 2010 года.

Анализ работы приведенных систем очистки отработавших газов дизелей от твердых частиц показывает, что в настоящее время возникла необходимость со-

здания универсальной электроразрядной системы, лишенной описанных недостатков, типичных для электрофильтров и плазмореакторов.

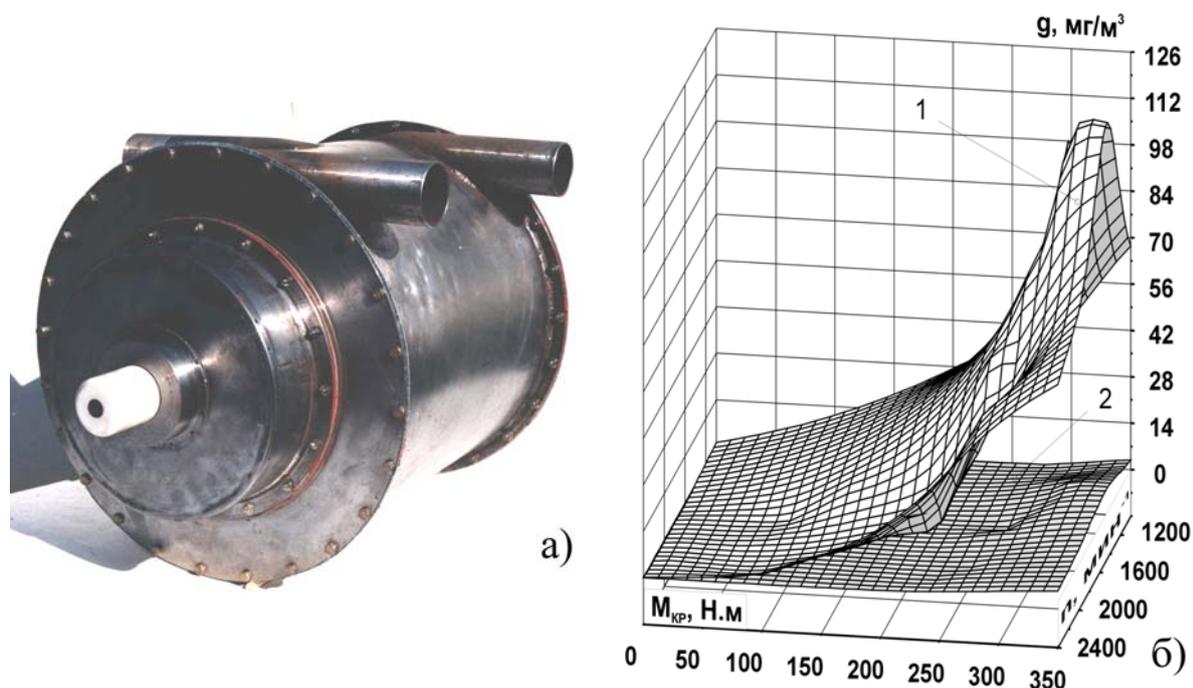


Рис. 3. Полнопоточный плазмохимический реактор: а) – общий вид; б) – удельное содержание частиц в отработавших газах дизеля Д-243: 1 – штатная комплектация системы выпуска; 2 – система выпуска с реактором.

#### Литература:

1. Патент N 4327 РБ, МКИ F 01N 3/02. Устройство для очистки отработавших газов дизеля от сажи / Карташевич А.Н., Белоусов В.А., Сушнев А.А. Заявка № 19980043. Зарегистрирован в ГРИ 22.10.2001.

2. Патент № 4698 РБ, МКИ F 01N 3/02. Сажевый электрофильтр-нейтрализатор / Карташевич А.Н., Белоусов В.А., Сушнев А.А.. Заявка №19980709.. Зарегистрирован в ГРИ 21.05.2002.

3. Карташевич А.Н., Васильев Г.М., Белоусов В.А., Сушнев А.А. Электроразрядные технологии очистки отработавших газов дизельных двигателей от токсичных компонентов. Монография – Горки, 2002. – 282с.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЦИЛИНДРЕ ТРАНСПОРТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

**Булыгин Ю.И., Деундяк Д.В., Корончик Д.А.**  
(Донской государственной технической университет)

История развития теплового расчета рабочего процесса ДВС насчитывает более 100 лет. От классического термодинамического расчета Гриневецкого-Мазинга до современных сложнейших компьютерных моделей, учитывающих детально газодинамические и химические процессы в камере сгорания дизеля. Недостатком классического термодинамического анализа является пренебрежение временным фактором, что полностью исключает, например, параметрическую оптимизацию на его основе быстроходных двигателей, в которых процессы механической, физической и химической природы имеют сопоставимые характерные времена. Дру-