

с ДТ на максимальных нагрузках образует соответственно в 3 и 4,5 раза меньше окислов углерода.

При работе дизеля с использованием смесевых топлив на основе РМ уровень выбросов СО сравним с уровнем при работе на ДТ, но при нагрузках близких к номинальным уровни СО превышают уровень при работе на ДТ. Это объясняется тем, что при максимальных нагрузках вследствие больших давлений в топливной системе и повышенной вязкости смесевых топлив на основе РМ, ухудшается качество смесеобразования за счет увеличения доли пленочного смесеобразования. Вследствие этого испаряющееся со стенок топливо сгорает в конце расширения при недостатке окислителя, тем самым, способствуя увеличению выбросов СО.

Наибольший эффект улучшения экологических показателей дизеля при переводе его работы с ДТ на смесевое топливо получен за счет снижения концентрации сажи в ОГ. С увеличением нагрузки содержание сажи в ОГ возрастает для всех топлив, несколько уменьшаясь в районе средних и немного больших нагрузок. Однако при сгорании смесевых топлив сажи образуется на 35 % и 60 % меньше, в зависимости от содержания РМ в смеси.

При сгорании смеси на основе ДТ характер изменения концентрации сажи иного рода. На малых и средних нагрузках происходит увеличение выбросов сажевых частиц. С дальнейшим увеличе-

нием нагрузки улучшаются условия смесеобразования, тем самым снижая уровень выбросов частиц в ОГ. Таким образом, на максимальных нагрузках обеспечивается снижение выбросов сажи в 2,5 раза по сравнению с ДТ.

Заключение

Лучшие экологические показатели имеет дизель, работающий на смесях с большим содержанием этанола. Дальнейшие исследования направлены на улучшение экономических показателей путём увеличения индикаторного КПД и подбора оптимального состава топлива, не снижая при этом достигнутых экологических показателей.

Список литературы:

1. Биотопливо вместо солярки, выход из «нефтяного тупика» // *Агро-Информ*. – октябрь 2006 (96).
2. Demirbas A. Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines / A. Demirbas. Springer-Verlag London Limited, 2008. – 208 p.
3. The biodiesel handbook // AOCs Press, Champaign, Illinois. – 2005 – 303 p.
4. Марченко А. П. Сравнительная оценка эффективности применения растительных топлив в дизельном двигателе / А.П.Марченко, А.А. Прохоренко, А.А. Осетров, В. Смайлис, В.Сенчила // *Двигатели внутреннего сгорания*. – 2004. – № 1. – С. 46-51.
5. Batshelor S.E. Rapeseed today and tomorrow / S.E. Batshelor, E.J. Booth, K.C. Walker // *A comparison of the energy balance of rape methyl ester and bioethanol: 9 th International rapeseed congress*. – 2005. – vol 4. – P. 1363.

УДК 621.43.068.4

А.П. Строков, д-р техн. наук, А.Н. Кондратенко, асп.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ ОТ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

Введение

Как известно, приоритетными направлениями совершенствования ДВС являются: улучшение экологичности, повышение топливной экономичности, увеличение надежности ДВС. Современные требования к ДВС, диктующие вышеуказанные задачи, сами по себе формулируются законами рынка, и только требования к экологичности закреплены законодательно. Выполнение этих задач зачастую невозможно без использования всех известных способов снижения токсичности одновременно. Особое место занимают различные способы

и методы очистки отработавших газов (ОГ) двигателя от твердых частиц (ТЧ) [1, 2].

Цель и постановка задачи

Целью работы является анализ современных систем очистки ОГ дизеля.

Для достижения поставленной цели решались такие задачи:

- проведен литературный обзор и патентный поиск по современным системам очистки ОГ;
- на основании анализа публикуемых данных предложены варианты совершенствования существующих способов и методов очистки ОГ.

Анализ публикаций

Дизели, ввиду специфики организации рабочего процесса, имеют свои особенности состава ОГ в сравнении с ДВС других типов. Так, в ОГ дизеля крайне мало продуктов неполного сгорания топлива (ПНСТ) – монооксида углерода (СО) и несгоревших углеводородов (C_nH_m), однако, присутствует значительное количество твердых частиц (ТЧ), оксидов азота (NO_x) и оксидов серы (SO_x). Главная особенность ОГ дизеля заключается в наличии в них ТЧ и NO_x , поскольку образованию этих токсичных компонентов способствуют антагонистические факторы. То есть, согласованием параметров дизеля невозможно получить одновременно абсолютный минимум эмиссий и ТЧ и NO_x , речь может идти лишь об отыскании некоторого оптимума [1]. Поэтому, производители дизелей придерживаются одной из следующих концепций: 1) снижать эмиссию NO_x за счет согласования параметров рабочего процесса, а ТЧ удалять уже из ОГ; 2) уменьшать эмиссию ПНСТ и ТЧ за счет согласования параметров рабочего процесса, а NO_x нейтрализовать в ОГ; 3) принять в качестве критерия качества топливную экономичность (или другой критерий), организовать рабочий процесс так, чтобы достигался некий локальный оптимум эмиссий ТЧ и NO_x , а излишки этих токсичных компонентов, превышающие действительные нормы, удалять из ОГ [1, 2, 5]. Последняя концепция более распространена, нежели первые две.

Твердые частицы - это все субстанции, которые, находясь в смеси ОГ с чистым воздухом при минимальной температуре 52°C, задерживаются фильтром из стекловолокна с тефлоновым покрытием и не являются водой. Все ТЧ делятся на растворимые и нерастворимые. Растворимые ТЧ – это абсорбированные (поглощенные всем объемом) углеводороды, выделившиеся из топлива или из смазочных масел. Они могут быть задержаны лишь при их конденсации или адсорбции (осаждением на поверхности) при соответствующих температурах. Нерастворимые ТЧ состоят из сажи (твердый углерод топлива), сульфатов (твердых солей серы топлива), оксидов металлов (из присадок топлива и масла), и абразивных частиц (продуктов износа деталей двигателя), золы (металлорганические соединения, образующиеся при сгорании в КС моторного масла). В 1 м³ сухих ОГ автотракторных дизелей растворимые и нерастворимые ТЧ соотносятся как 9:1. Нерастворимые ТЧ в среднем на

5...65 % по массе состоят из оксидов металлов и сульфатов, и на 25...95% из сажи, но конкретное соотношение этих компонентов ТЧ находится в зависимости от режима работы дизеля [1, 5, 21]. Сажа - это продукт крекинга (расщепления) углеводородов топлива под воздействием высокой температуры и при отсутствии кислорода, и представляет собой конгломераты атомарного аморфного углерода ветвистой структуры, включающие также в себя водород, и имеющие размеры в пределах 0,01...100 мкм. Но основная масса частичек сажи имеет размеры в пределах 0,5...10 мкм. Главной особенностью сажи является очень развитая наружная поверхность, и соответственно большая адсорбционная способность. Именно поэтому в саже присутствуют несгоревшие углеводороды и, что особенно опасно, бенз(а)пирен - самый токсичный компонент ОГ, представляющий из себя полициклический ароматический углеводород (ПАУ), сильнейший канцероген. Наиболее опасными частичками сажи являются наименьшие из них (0,1...1 мкм), они способны проникать в альвеолах легких непосредственно в кровь человека или животного. Кроме того, сажа ухудшает видимость в городах, входя в состав смога, загрязняет воду и грунт. Еще одной особенностью сажи, сильно усложняющей процесс очистки ОГ от нее, является ее малая плотность 0,05 г/см³, причем она представляет собой фракцию ТЧ, обладающую наибольшим удельным весом [1, 3, 7, 21].

К сожалению, распространенные и эффективные устройства очистки воздуха от пыли – циклоны и мультициклоны, сетчатые сухие и мокрые фильтры, бытовые НЕРА-фильтры, глубинные волокнистые и керамические фильтры, а также электрофильтры, не способны в полной мере удовлетворить требования к очистке ОГ от ТЧ. Не способны их удовлетворить и устройства, применяемые при очистке промышленных газов [10, 11].

Устройства и системы очистки ОГ применительно к ТЧ можно разделить по принципу действия на следующие:

- механические – изменяющие вектор скорости движения ТЧ относительно потока ОГ;
- химические (окислительные) – превращающие горючие составляющие ТЧ в нетоксичные вещества с помощью окислительно-восстановительных реакций (ОВР) [1, 2, 3, 5, 21];
- растворяющие – удаляющие растворимые компоненты ТЧ посредством растворения их в ра-

бочей жидкости нейтрализатора; при этом нерастворимые частицы удаляются посредством адсорбции их в рабочей жидкости нейтрализатора – так называемые жидкостные фильтры [1, 2, 3, 21, 22];

- комбинированные.

Механические устройства и системы очистки ОГ от ТЧ можно разделить на следующие:

1) фильтрующие, которые задерживают ТЧ при непосредственном соприкосновении их с материалом фильтрующего элемента (ФЭ).

2) инерционные, изменяющие направление движения специальным образом приготовленных совокupностей ТЧ, и отделяющие их от потока ОГ с помощью сил инерции.

3) электрические - изменяющие вектор скорости движения ТЧ, имеющих электростатический заряд, относительно потока ОГ за счет создания в теле ФЭ слабого электромагнитного поля. Это также способствует образованию совокupностей ТЧ капельным способом [1, 2, 5, 21, 6];

Химические устройства и системы очистки ОГ от ТЧ можно разделить на следующие:

1) каталитические, с использованием веществ, изменяющих скорость и/или условия протекания ОВР. При этом катализатор может: а) быть нанесенным на поверхности ФЭ в виде напыления или в виде желатиновой субстанции [8, 12]; б) добавляться или подаваться в топливо; в) подаваться непосредственно в ОГ;

2) термические, обеспечивающие необходимую температуру ОГ, при которой горючие элементы ТЧ окисляются избыточным кислородом ОГ. При этом источником теплоты может быть: а) топливо, дополнительно подаваемое в цилиндры дизеля или непосредственно в ОГ [1, 2, 3, 5]; б) электрические нагревательные элементы, конструктивно заключенные в теле или корпусе ФЭ, или же являющиеся отдельными агрегатами (свечи накаливания) [1, 2, 3, 5, 21]; в) посторонний источник, не находящийся на борту транспортного средства [21];

3) плазменные – в которых окислителем выступает низкотемпературная плазма, генерируемая специальными устройствами (плазмотронами). При этом носителем плазмы может быть либо сами ОГ, либо воздух, отдельно подаваемый в ОГ [2, 3, 4];

4) оксидные (пост-каталитические), в которых окислителем выступает диоксид азота, полученный в избытке в окислительном нейтрализаторе, установленном по потоку ОГ до СФ [2];

Фильтрующие устройства и системы очистки ОГ от ТЧ по соотношению размеров отверстий в материале ФЭ и размеров ТЧ, которые необходимо отфильтровать, могут быть:

1) с отверстиями, не превышающими размеров ТЧ (собственно фильтрующие), поглощающие и удерживающие ТЧ пространством в отверстиях ФЭ. По устройству тела ФЭ их можно разделить на монолитные керамические, полученные методами осаждения, вспенивания или порошковой металлургии; с регулярной или хаотичной навивкой из волокнистых материалов; из металлических микросеток и микросит и насыпные в виде спрессованного порошка из керамических материалов, помещенного между перфорированными металлическими пластинами [1, 2, 17];

2) с отверстиями, превышающими размеры ТЧ. Используются только совместно с инерционными или электрическими методами, а также со средствами, организующими поток ОГ специальным образом.

В зависимости от свойств материала ФЭ по месту удержания ТЧ их можно разделить на:

а) адсорбционные, поглощающие и удерживающие ТЧ своим поверхностным слоем. В зависимости от вида материала они могут быть: либо высокопористыми (которые могут иметь вид монолитного твердого тела определенной пористости или напыления определенной толщины и пористости на непористом материале); либо мокрого типа с навивкой,

б) абсорбционные, поглощающие и удерживающие ТЧ всем своим объемом.

По агрегатному состоянию тела ФЭ могут быть либо монолитные пористые [16], либо жидкостные [1, 2, 22];

По своей конфигурации монолитные керамические устройства очистки ОГ от ТЧ могут иметь вид:

1) монолитного пористого твердого тела, в котором процесс очистки происходит при прохождении потока ОГ сквозь все тело ФЭ (может выполняться в виде призматического, цилиндрического, кольцеобразного тела или конического насадка);

2) твердого тела ячеистой (сотовой) структуры, имеющего каналы призматической, цилиндрической либо пирамидальной формы, заглушенные в шахматном порядке – одни используются для входа потока ОГ в фильтр (заглушены на выходе), а

другие – для выхода потока ОГ из фильтра (заглушены на входе), а процесс очистки происходит при прохождении потока ОГ сквозь стенки между каналами.

ФЭ монолитных пористых сажевых фильтров (СФ) изготавливают из хорошо себя зарекомендовавших керамических материалов, таких как: кристобалит, протознстатит, кордиерит, сапфирин, муллит, периклаз, шпинель, корунд [21], карбида кремния, компаунда Si-SiC [1, 20], никелевой пены [9], кремний-металлических материалов (с нитрированием поверхности) [14] и т.д. Также известны и широко используются ФЭ из металлических микросит [13] и сеток [15] с нанесенным на поверхность металла пористого покрытия, волокнистых естественных или искусственных материалов (силикатных волокон) [1, 18, 19]. Часто эти материалы являются носителями каталитических напылений, придающих фильтру ТЧ свойства окислительных нейтрализаторов и поглотителей оксидов азота. Иногда один и тот же пористый материал может быть телом сразу и каталитического окислительного нейтрализатора, и фильтра ТЧ, и каталитического поглотителя NO_x (KPtNO_x), при одинаковой или различной пористости. Немаловажными требованиями к материалу ФЭ являются: термостойкость, коррозионная стойкость, стойкость к газовой эрозии, стабильность свойств [2].

Основными недостатками этих типов фильтров являются высокая себестоимость и необходимость в высокой культуре производства (серийно выпускаемые СФ стоят 400...600 Евро для легковых автомобилей, а для грузовых по стоимости могут превышать стоимость самого ДВС), значительное гидравлическое сопротивление, отсутствие достоверной информации об их возможностях и особенностях технологии производства.

Инерционные устройства и системы очистки ОГ от ТЧ по способу формирования частиц с достаточной массой могут быть:

1) капельные – формируют совокупности из ТЧ и капель распыленных в потоке ОГ жидкостей (воды или машинного масла) [5, 10, 11, 21, 22];

2) коагулирующие - формируют совокупности только из ТЧ и поверхностно активных веществ (ПАВ), посредством введения в топливо или ОГ специальных присадок, содержащих ПАВ [5];

3) конденсирующие - формируют совокупности из ТЧ и капель жидкостей, образующихся из конденсирующихся компонентов ОГ (воды, несго-

ревших углеводородов) при их принудительном охлаждении [16].

Из них на практике используют только комбинированные устройства и системы очистки ОГ от ТЧ, ввиду того, что в ТЧ входят весьма разнообразные вещества, как по своим химическим, так и по физическим свойствам. А именно, из-за дороговизны СФ их после засорения не заменяют, а регенерируют, то есть сажу, накопленную фильтрацией, удаляют из самого фильтра термическим методом. Кроме ФТЧ для очистки ОГ дизеля от ПНСТ используют окислительные каталитические или термические нейтрализаторы, в которых частично окисляется и сажа, но в полном объеме ее окислить там затруднительно, поэтому этот способ применяют только в комбинации с СФ. Отдельно стоит упомянуть, что устройства очистки ОГ стационарных мощных дизелей - скрубберы с водными струями или трубками Вентури и жидкостные фильтры, рассчитанные на уменьшение эмиссий ПНСТ и ТЧ [1, 2, 10, 11]. Иногда используют ФТЧ с пористым фильтрующим элементом, на поверхности которого нанесен катализатор для частичного доокисления ПНСТ, уменьшения температуры регенерации СФ и KPtNO_x , и т.д.

Ввиду особой опасности некоторых компонентов ТЧ совершенствование экологических показателей дизелей не стоит ограничивать лишь процессом очистки их ОГ. Очевидно, что пристального внимания заслуживает процесс очистки ФЭ от накопившихся в них ТЧ, а также процесс утилизации ТЧ. Тем более что потребность в периодической очистке ФЭ от накопившихся в них ТЧ (регенерация) принципиально не устранима, и является неотъемлемой особенностью функционирования фильтра ТЧ любой конструкции.

В зависимости от типа фильтра ТЧ, регенерация может быть осуществлена:

1) сменой рабочего тела ФЭ – для так называемых жидкостных фильтров, а также для монолитных и других типов СФ без бортовой системы регенерации, с последующей очисткой тела ФЭ на специализированном предприятии в ходе выполнения очередного ТО ТС и ДВС;

2) очисткой тела ФЭ – для твердотельных СФ при наличии бортовой системы регенерации.

Результаты исследования

Исследования показывают, что фильтры ТЧ возможно создать на основе ФЭ не только объемного, но и адсорбционного типа. Предлагаемая

конструкция фильтра ТЧ представлена на рисунке 1, где специальным образом организованный поток ОГ, сквозь отверстия (3) определенного диаметра будет проходить в полостях ФЭ (1), ограниченных металлическими пластинами различной формы (2) с нанесенными на их поверхности высокопористым покрытием с большой адсорбционной способностью, на которых будет осаживаться и удерживаться сажа вплоть до момента регенерации фильтра.

Такой фильтр, предположительно, будет обладать неоспоримыми преимуществами:

- малое гидравлическое сопротивление;
 - низкая себестоимость за счет простоты конструкции, высокой технологичности, отсутствия элементов из дорогих материалов;
 - возможность создания на основе его конструкции типоразмерного ряда фильтров для дизелей различной мощности и назначения;
- возможность быстро наладить серийный выпуск такой продукции.

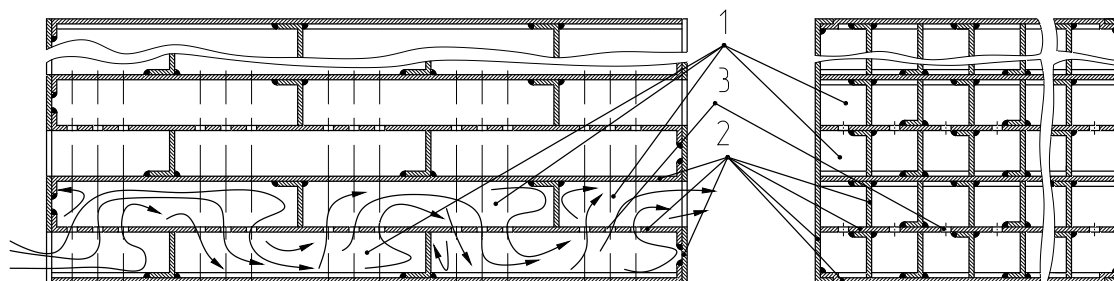


Рис. 1. ФТЧ предлагаемой конструкции

Выводы

В результате проведенной работы можно отметить следующее:

- анализ материалов публикаций в последнее время указывают на смещение акцента в вопросах очистки ОГ дизеля на удаление ТЧ;
- предложена конструкция и способ функционирования устройства очистки ОГ дизелей от ТЧ.

Список литературы:

1. Марков В. А. Токсичность отработавших газов дизелей. 2-е изд. перераб. и доп. / Марков В. А., Баширов Р. М., Гамбитов И. И. - М.: Изд-во МГТУ им. М. Э. Баумана, 2002. - 376 стр., ил. 2. Сарры Л. О. Защита воздуха от выбросов автотранспорта. Аналитическая справка. Рига: Латвийский информационный центр, 1991, 16 с. 3. Шеховцов Ю. И. Исследование термokatалитической регенерации сажевого фильтра дизелей / Шеховцов Ю. И., Заиграев Л. С. // Двигатели внутреннего сгорания. - 2004. - №2. - С. 57-59. 4. Бородин Ю. С. Нейтрализация отработавших газов дизелей с помощью плазменной технологии / Бородин Ю. С., Перерва П. Я., Кудряш А. П., Мараховский В. П., Семикин В. М. // Авиакосмическая техника и технология. Сб. научн. трудов. - Харьков: Гос. Аэрокосмический университет "ХАИ". - вып. 19. Тепло-вые двигатели и энергоустановки. - 2000. - С. 11-13. 5. Парсаданов І. В. Підвищення якості і конкурентоспроможності дизелів на основі комплексного паливно-екологічного критерію: Монографія. / Парсаданов І. В. - Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2003. - 244 с. - Російською мовою. 6. Обзорение нейтрализаторы: евро не пахнет [Электронный ресурс] / Журнал "Украина За рулем" // Украина За рулем. - 2001. - №1. - Режим доступа: http://old.uzr.com.ua/pbs.php?pb1_ac-

[tion=view&pb1_id=615](http://view&pb1_id=615). 7. В гармонии с природой [Электронный ресурс] / Ожерельев Л. // Журнал "Автопарк". - Режим доступа: <http://www.cstore.ru/materials/articles/5>. 8. Грузовики MAN компании MAN Nutzfahrzeuge [Электронный ресурс] / Семёнов В. // Журнал "Грузовикпресс". - 2007. - №3. Режим доступа: <http://www.manservice.ru/articles/1/68.html>. 9. Управляя автомобилем с дизельным двигателем [Электронный ресурс] / Макормик К. // Журнал "Никель". - 2007. - №3. Режим доступа: http://www.nickelinstitute.org/multimedia/magazine/June_2007/Diesel. 10. Очистка от газовых выбросов котелен и ТЭЦ (ТЭС) [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://ekmon.ru/gas_treating/flue_gas. 11. Промышленная газоочистка. Проектирование установок для очистки воздуха от вредных газов и паров, очистка воздуха от пыли и аэрозолей. [Электронный ресурс] / Режим доступа: www.aces-group.ru/index.html. 12. "Чистые" вилочные погрузчики [Электронный ресурс] / ЛОГИСТ // Журнал "Склад и техника". - 2005. - №6. - Режим доступа: http://www.logist.com.ua/warehouse/tehnika/clean_forklifts.htm. 13. Weisse Weste für den Diesel. Jeryembek Manfred. Autofachmann. 2003, №4, с. 8-11, 10 ил. Нем. 14. Porous silicon nitride article and method for production thereof: Заявка 1298111 ЕВП, МПК⁷ С 04 В 38/00. NGK Insulators, Ltd, Inoue Katsuhiko, Morimoto Kenji, Masuda Masaaki, Kawasaki Shinji, Sakai Hiroaki (Paget Hugt Charles Edward et al MEWBURN ELLIS York House 23 Kingsway London WC2B 6HP (GB)). №02705469.1; Заявл. 25.03.2002; Оpubл. 02.04.2003; Приор 26.03.2001, №2001087911 (Япония). Англ. 15. Diesel-Partikelfilter in Serie. KFZ-Betrieb. 2003. 93, №46, с. 54, 1 ил. Нем. 16. Apparatus and method for the recovery and purification of water from the exhaust gases of internal combustion engines: Пат. 6581375 США, МПК⁷ F 01 N 3/02. Lexington Carbon Co., LLC, Jagtoyen Marit, Kimber Geoffrey M. №10/024910; Заявл. 19.12.2001; Оpubл. 24.06.2003; НПК 60/309. Англ. 17. Abgasfilter zum Beseitigen von in dem Abgasstrom einer Brennkraftmaschine enthaltenen Partikeln: Заявка 10219415 Германия, МПК⁷ F 01

N 3/021. HJS Fahrzeugtechnik GmbH & Co., Karft Franz (Patentanwalte Schroter und Haverkamp, 58636 Iserlohn). №10219415.7; Заявл. 02.05.2002; Опыл. 20.11.2003. Нем. 18. Neues innovatives Material für die Filtrationstechnik. Draht. 2004. 55, №1, с. 25, 1 ил. Нем. 19. AKONDIES Abgaskonzept für einen Euro-IV-Pkw-DI-Dieselmotor. Knab Christian*, Wiedmann Kurt, Franke Hans-Ulrich, Jutka Carsten, Tschoke Helmut, Hauser G., Hojgr Marek, Smolenski Christian (Oberland Mangold GmbH, Garmisch-

Partenkirchen, Deutschland). MTZ: Motortechn. Z. 2003. 64, №11, с. 960-965, 5 ил. Нем. 20. Filtermaterialien für die additivegestützte und Katalytische Dieselpartikelreduktion. Schafer-Sindlinger Adolf, Vogt Claus Dieter (NGK Europe GmbH). MTZ: Motortechn. Z. 2003. 64, №3, с. 200, 201-207, 10 ил. Нем. 21. Кульчицкий А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие / Владимир. гос. ун-т. Владимир, 2000. 256 с.

УДК 669.85/86+502.7

П.М. Канило, д-р техн. наук, И.В. Парсаданов, д-р техн. наук

ПРОБЛЕМЫ СЖИГАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ ТОПЛИВ И ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА

Введение

Обеспечение потребности в продуктах питания и энергии при сохранении окружающей среды – вот основные проблемы, которые стояли, стоят и, видимо, всегда будут стоять перед человечеством.

Современный состав земной атмосферы сформировался после того, как, благодаря уникальным процессам фотосинтеза, возникла и развивалась жизнь, при этом одну из главных ролей в этом процессе играл диоксид углерода (CO₂). За последние 600 миллионов лет концентрация CO₂ в воздухе нашей планеты постоянно менялась, но никогда не была выше 0,4 % об., что примерно на порядок выше современного уровня. Установлена взаимосвязь между увеличенным содержанием CO₂ в атмосфере и развитием всех форм жизни на планете. Примерно сто миллионов лет назад, в мезозойскую эру, при повышенной концентрации в атмосфере CO₂, средняя годовая температура воздуха на планете была на шесть градусов выше, чем сейчас. Даже на побережье нынешнего Северного Ледовитого океана буйствовала пышная растительность. В последующем концентрация CO₂ в атмосфере понижалась, так как растения поглощали углекислоту воздуха, а температура воздуха снижалась. Таким образом, за счет увеличения количества фотосинтезирующих растений и биомассы обеспечивалось снижение CO₂ в атмосфере Земли [1 – 3].

Ежегодно фотосинтезирующие растения и микроорганизмы (суши и гидросферы) поглощают из атмосферы и из воды примерно 700 миллиарда тонн CO₂, образуя около 400 миллиардов тонн органических веществ и выделяя при этом около 400 миллиардов тонн кислорода. Одновременно идет процесс переработки кислорода и углерода снова в CO₂. Таким образом, диоксид углерода находится в

подвижном равновесии, которое регулируется процессами, протекающими в биологических системах (экосистемах) так и физико-химическими процессами (адсорбцией, хемосорбцией, диффузией, обменными реакциями CO₂ между атмосферой, суши и водами океанов). Количество CO₂ в виде растворенного газа в мировом океане более чем в 50 раз превосходит его количество, содержащееся в атмосфере. Этот огромный резервуар, как и фотосинтезирующие растения и микроорганизмы планеты, обеспечивали до 1970 г. стабильность концентраций CO₂ в атмосфере [3].

Растения очищают атмосферу, делают воздух вновь пригодным для дыхания. Сотни миллионов лет понадобилось растениям, чтобы наработать столько кислорода, сколько нас окружает сейчас. Несмотря на огромное потребление кислорода для обеспечения жизнедеятельности всего живого и на окислительные процессы в природе, в том числе, при современном сжигании в год почти 15 миллиардов тонн условного топлива, содержания кислорода в атмосфере остается неизменным. Это объясняется также и наличием еще одного источника кислорода – водяных паров, которые в верхних слоях атмосферы под действием ультрафиолетового солнечного излучения разлагаются на кислород и водород.

Проблема глобального потепления климата

В 1988 году Всемирная метеорологическая организация в соответствии с программой ООН по окружающей среде создала Межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК) планеты, которая периодически публикует доклады об изменениях климата и возможном влиянии этих изменений на различные виды хозяйственной деятельности. По данным МГЭИК "глобальное потепление" климата, начавшееся с сере-