

Секция 6 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 621.43

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Ткачева Л.Т. к.т.н, доц., Бондарь Е.В. (БГАТУ)

Как известно, важнейшим источником загрязнения воздушной среды является транспорт, в первую очередь автомобильный. К основным веществам, содержащимся в выбросах транспорта, относятся оксид углерода (СО), оксиды азота (NO_x), твердые вещества (сажа) и летучие органические соединения (ЛОС). В составе ЛОС содержатся многие опасные соединения, включая бензол, 1,3-бутадиен, формальдегид и другие. Атмосферный воздух загрязняют не только выхлопные газы, определенный вклад приходится также на износ шин, тормозов, деталей двигателя и на испарение топлива. Данные Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников на территории Беларуси, тыс.т

Область	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводороды	Бенз(а)-пирен**	Всего
Брестская	5,8	117,7	0,2	17,2	33,6	0,15	174,5
Витебская	4,5	89,8	0,1	13,2	25,8	0,11	133,4
Гомельская	4,8	104,5	0,2	14,9	29,3	0,13	153,7
Гродненская	4,8	101,7	0,2	14,8	28,8	0,13	150,3
Минская	6,1	144,8	0,3	19,4	39,2	0,17	209,8
г.Минск	5,1	136,6	0,4	16,9	35,5	0,15	194,5
Могилевская	3,2	73,4	0,1	10,2	20,2	0,09	107,1
Республика Беларусь	34,3	768,5	1,5	106,6	212,4	0,93	1123,3

Оксид углерода и оксиды азота составляют основную массу вредных компонентов отработавших газов дизелей. Содержание СО в отработавших газах зависит прежде всего от соотношения смеси воздух-топливо, но даже при получении стехиометрического состава долю СО нельзя довести ниже 0,5%. Вместе с тем уменьшение СО путем подбора соответствующего стехиометрического состава смеси воздух-топливо приводит одновременно к усилению образования NO_x, при этом необходимо отметить, что процессы окисления NO до двуокиси NO₂ и дальнейшая полимеризация двуокиси до четырехокиси

N_2O_4 являются сложными, длительными и до настоящего времени основательно не изученными.

Образование NO_x определяется в значительной степени температурой сгорания топлива в цилиндре двигателя, а также неравномерностью этой температуры по объему рабочей камеры, причем степень окисления NO_x зависит в дальнейшем от скорости движения газов и их температуры в выпускном тракте двигателя.

Так, например, по данным литературы [2] при выпуске отработавших газов из цилиндров дизеля за время прохождения их по системе выпуска степень окисления окиси азота составляет около 5%, но здесь важное значение играют первоначальные концентрации окиси азота и кислорода в объемных долях.

В настоящее время с целью снижения NO_x и хотя бы частичной очистки отработавших газов от этих окислов применяется система рециркуляции выхлопных газов (РВГ) - часть газов возвращается в цилиндры двигателя. Однако международные нормы по эмиссии O_x постоянно ужесточаются и чтобы их удовлетворить предполагается одновременное использование наряду с РВГ и систем каталитической очистки выхлопных газов с применением дорогостоящего металла - платины. Но катализатор работает эффективно только в определенном диапазоне температуры отработавших газов. При прогреве двигателя и на его сильном режиме эффективность такого платинового катализатора существенно снижается, что и делает его применение малоперспективным и в целом непригодным.

Наряду с CO и NO_x в выхлопных газах содержатся и частично несгоревшие углеводороды C_mH_n , имеющие в основном малую молекулярную массу, содержащую менее 10 атомов углерода. Пожалуй, единственное средство эффективного снижения автомобильных выбросов по C_mH_n - применение внешних реакторов (дожигание) на выхлопных системах. Особенно опасен для здоровья человека и окружающей среды свинец, содержащийся в топливе и находящийся в отработавших газах в виде соединений $PbClBr$ и $NH_4Cl(PbCl_2Br)$.

Способов удаления этих соединений из отработавших газов до настоящего времени не разработано. Кроме того, соединения свинца активно разрушают каталитические системы очистки для CO и C_mH_n . Один из путей снижения токсичности отработавших газов заключается в утилизации их энергии. Для этой цели в системе выпуска ДВС необходимо установить утилизационный теплообменник, заполненный циркулирующей охлаждающей жидкостью (промежуточным теплоносителем) и включенный, например, в систему обогрева кузова или кабины автомобиля. Здесь необходимо отметить, что крайне вредное воздействие отработавших газов на окружающую среду усиливается еще и тем, что они имеют высокую температуру (400-500°C), большую скорость (50 м/с и выше) и значительные объемы, а их выпуск в атмосферу сопровождается сильным шумом и значительными вибрациями.

В то же время процессы утилизации (отбора) энергии отработавших газов связаны прежде всего с их охлаждением, увеличением плотности и снижением движения в системе выпуска ДВС. В этой связи необходимо установить влияние процессов утилизации на кинетику окисления окиси азота.

Время окисления [2] определяется по формуле:

$$B = \frac{4d}{NO(2O_2 - NO)(1 - d)} \cdot \frac{1}{K}, \quad (1)$$

где B - время окисления в минутах;

NO, O_2 - начальные концентрации окиси азота и кислорода в объемных долях;

d - степень окисления окиси азота в долях от NO_2 ; $d = \frac{NO_2}{NO}$;

K - константа скорости реакции, $K = \frac{K_c}{60} \left(\frac{\rho_r}{100RT} \right)^2$,

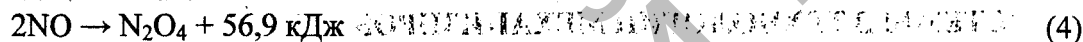
где ρ_r - плотность газов;

K_c – коэффициент скорости реакции, который по данным литературы [2] определяется в зависимости от температуры:

$t, ^\circ\text{C}$	0	30	60	100	140
$K_c \cdot 10^{-6}$	2,09	1,59	1,31	1,08	0,93

Отсюда следует, что снижение температуры отработавших газов приводит к увеличению K_c и плотности ρ_T и, соответственно, к возрастанию K , что в свою очередь обуславливает уменьшение времени окисления V .

С целью нейтрализации отработавших газов по содержанию в них оксидов азота, в основном NO и NO_2 , в конструкции системы выпуска ДВС был применен теплообменник, имеющий вид змеевика и установленный внутри глушителя шума в его резонансных камерах. Теплообменник утилизирует теплоту ОГ, в том числе и теплоту от реакции окисления окислов азота. Понижение температуры отработавших газов, как это следует из уравнения (I) способствует увеличению скорости окисления окиси азота NO до двуокиси NO_2 и дальнейшей полимеризации двуокиси NO_2 до четырехокиси N_2O_4 при выделении значительного количества теплоты. Образование из окиси азота высших окислов протекает по следующим уравнениям экзотермических реакций [3]:



Причем с понижением температуры равновесие всех этих реакций смещается вправо. Положительное влияние охлаждения ОГ с помощью теплообменника было подтверждено и экспериментально при испытаниях серийного карбюраторного двигателя автомобиля типа МАЗ. Как показали опыты, охлаждение способствует существенному снижению в отработавших газах содержания окиси азота NO и двуокиси азота NO_2 , а также их суммы. Это объясняется тем, что с падением температуры и снижением скорости движения газов время окисления окислов азота сокращается, степень окисления возрастает и большая часть окиси азота NO переходит в NO_2 , но одновременно и двуокись азота NO_2 полимеризуется в четырехокись N_2O_4 , причем, чем интенсивнее охлаждение потока, тем активнее происходят окислительные процессы в отработавших газах.

Экспериментальные данные показали, что с переходом на более сильный режим работы двигателя содержание двуокиси азота в среднем увеличивается с 9,22 до 11,04 мг/м³. Однако более интенсивное охлаждение газов при среднем режиме работы двигателя позволяет значительно уменьшить содержание NO_2 в отработавших газах. Так, например, охлаждение газов при холостом режиме на 40°С снижает содержание NO_2 с 9,22 до 8,31 мг/м³, а уже при среднем режиме на 80°С – с 11,04 до 7,17 мг/м³.

Отсюда можно сделать вывод о том, что при наиболее интенсивном охлаждении газов возможно снижение содержания в них двуокиси азота NO_2 до стандарта ПДК (до 5 мг/м³), т.е., изменяя тепловую нагрузку утилизационного теплообменника, регулируем тем самым содержание в газах одного из главных токсичных компонентов NO_x .

Необходимо отметить эффект, который имеет место в данной конструкции нейтрализатора – повышение эффективности шумоглушения путем охлаждения отработавших газов. Так, например, охлаждение потока газов только на 80°С приводит к снижению уровня звукового давления (по экспериментальным данным) на 4,0 дБ в среднем по всему среднегеометрическому спектру частот от 63 до 8000 Гц.

Таким образом, утилизационный теплообменник может работать одновременно и как глушитель шума. Изменяя интенсивность охлаждения, можно регулировать эффективность работы теплообменника как нейтрализатора и уровень звукового давления системы выпуска ДВС. Было также установлено, что интенсивное охлаждение ОГ обуславливает падение

давления (уменьшение противодавления системы выпуска). Здесь имеет место, так называемый, эффект теплового торможения газового потока, что в целом и повышает эффективные показатели ДВС.

Таким образом, отработавшие газы, являясь активным загрязнителем окружающей среды, могут стать одновременно и источником «даровой» энергии, полезная утилизация которой может оказаться весьма полезной во многих отношениях, особенно в части снижения токсичности отработавших газов по окислам азота, уменьшения уровня звукового давления, создания улучшенных условий труда и безопасности на рабочих местах автотранспортных средств.

Литература

1. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 2009г. Минск «Минсктиппроект», 2008. - 284с.
2. К вопросу нормирования токсичности отработавших газов дизелей по окислам азота/ Н.Н.Иванченко, В.И.Смайлис, В.И.Балакин.// Повышение мощности и надежности тракторных двигателей, - Научные труды УСХА-1976. Выпуск 186.-С.86-93.

УДК 631.158:658.345

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ СИСТЕМЫ В ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКИ ЯГОД НА КЛЮКВЕННОМ ЧЕКЕ

Агейчик В.А., к.т.н., доц., Мисун А.Л. (БГАТУ)

Введение

Важнейшее значение для определения уровня безопасности функционирования человеко-машинной (ЧМ) системы, например в технологии механизированной уборки ягод на клюквенном чеке отводится изучению эргономических показателей средств труда. Следует при этом отметить, что одними из основных причин техногенных воздействий на ЧМ систему являются происшествя, вызванные отказами технических средств в процессе их эксплуатации. Что же касается непосредственного исполнителя работ – механизатора, то на него воздействуют как вредные факторы производственной среды, так и производственные опасности, в том числе импульсного действия, которые при определенных обстоятельствах становятся источником травм и профессиональной заболеваемости. Если вредный производственный фактор воздействует на организм механизатора независимо от его квалификации, стажа работы и возраста, то опасный фактор, хотя постоянно и «присутствует» при эксплуатации технических средств, например, для уборки ягод на затопленном клюквенном чеке, однако может реализоваться в травму только при определенных условиях. Исходя из вышеприведенного можно сделать следующие выводы: травмирование как явление относится к случайным событиям; эти события обладают статистической устойчивостью; опасный фактор может реализоваться в травму в любой временной отрезок, причем мгновенно (фактор импульсного действия); для управления уровнем безопасности механизатора необходимо установить зависимость параметров «человеко-машинной» системы для рассматриваемой технологической операции и риска травмирования механизатора.

Основная часть

Для управления безопасностью ЧМ необходимо знать функциональное состояние объекта на различных этапах, то есть иметь отображение фактических показателей $P_k = \{P_{ki}\}$, а также знать вероятность безопасной эксплуатации машинно-тракторного агрегата ($P_{чм}$).