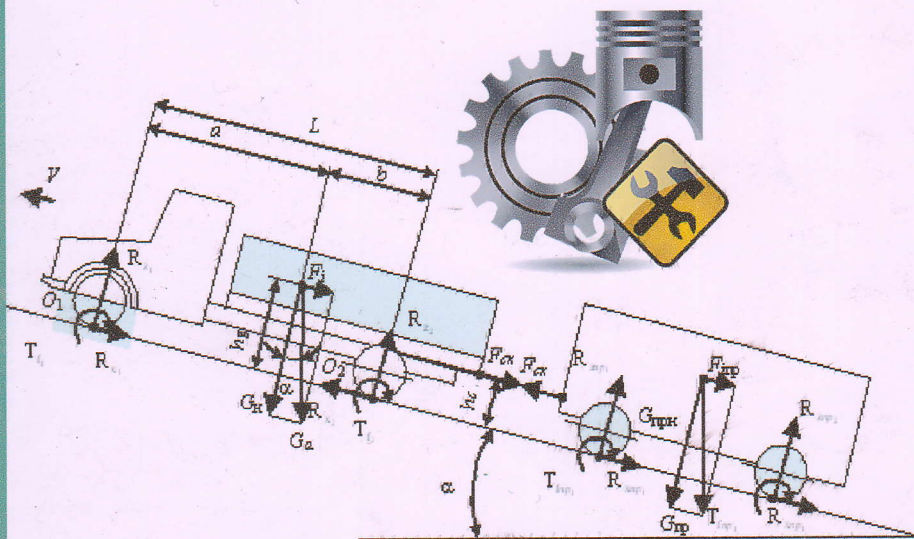


ISSN 1694-6006 977 1694-600

ИНЖЕНЕР

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Эксплуатация автомобильного транспорта,
Колесные и гусеничные машины,
Технология и средства механизации
сельского хозяйства



Бишкек
10/2015

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Периодическое издание, содержащее статьи научного и производственного характера

Издается два раза в год

Учредитель журнала:

Инженерная академия Кыргызской Республики

Журнал зарегистрирован в Министерство юстиции Кыргызской Республики. Рег. Номер №1362 и входит в перечень изданий, рекомендованных ВАКом Кыргызской Республики

Главный редактор
Кожогулов К.Ч.

Заместители главного редактора
Алымкулов К.А.
Маткеримов Т.Ы.

Ответственный секретарь
Аилчиева Т.А.

Ответственный за выпуск
Шаршембиев Ж.С.

Главный специалист отдела допечатной подготовки
Маканов К.М.

Главный специалист отдела после печатной подготовки
Джумаев А.Т.

Адрес редакции:

Кыргызская Республика, 720040,
г.Бишкек, Издательство Инженерной академии Кыргызской Республики
ул. Скрыбина, 23.1 зд. Имаш НАН КР
1-й этаж, каб. №120

тел. (996 708) 50-33-85,
(996 772) 61-38-00;

Факс: (996 312) 54-11-12

Электронный адрес:

e-mail: engineeracadkr@gmail.com

Инженер №10*2015

ISSN 1694-6006 977 1694-600

В журнале «Инженер» публикуются статьи ученых и производственников, имеющих большой опыт в инженерном деле.

Рассматриваются научно-технические проблемы, новые технологии, опыт иностранных и отечественных промышленников, мнение и взгляды аналитиков

В номер включены статьи по нижеследующим направлениям науки:

Эксплуатация автомобильного транспорта, Колесные и гусеничные машины, Технология и средства механизации сельского хозяйства.

Эксплуатация автомобильного транспорта 13-99

Организация перевозок и логистика на автомобильном транспорте 100-142

Безопасность дорожного движения на автомобильном транспорте 143-173

Технология и средства механизации сельского хозяйства 174-207

Редакционная коллегия:

- Кожогулов К.Ч. – д-р техн.наук, проф., акад. ИА КР (главный редактор)
- Алымкулов К.А. – д-р техн.наук, проф., акад. ИА КР (зам.гл.редактора)
- Маткеримов Т.Ы. – д-р техн.наук, проф., акад. ИА КР (зам.гл.редактора)
- Нусупов Э.С. – д-р техн.наук, проф., акад. ИА КР
- Осмонбетов К.О. – д-р г.-м.наук, проф., акад. ИА КР
- Оморов Р.О. – д-р техн.наук, проф., акад. ИА КР
- Бримкулов У.Н. – д-р техн.наук, проф., акад. ИА КР
- Джуматаев М.С. – д-р техн.наук, проф., акад. ИА КР
- Мусакожоев Ш.М. – д-р экон.наук, проф., акад. ИА КР
- Рахимов К.Р. – канд. техн.наук, проф., акад. ИА КР
- Давлятов У.Р. – д-р техн.наук, проф., член-корр ИА КР
- Темирбеков Ж.Т. – д-р техн.наук, и.о.проф.
- Аилчиева Т.А. – канд. пед.наук, доцент (ответственный секретарь)
- Шаршембиев Ж.С. – д-р техн.наук, и.о.проф. (ответственный за выпуск)
- Суюнтбеков И.Э. – д-р техн.наук, и.о.проф.
- Калманбетова А.Ш. – канд. техн.наук, доцент
- Болотов Э.А. – канд. техн.наук, доцент
- Атабеков К.К. – канд. техн.наук, доцент
- Советбеков Б. – канд. техн.наук, доцент
- Сурапов А.К. – канд. техн.наук, доцент
- Молдалиев Э.Д. – канд. техн.наук, доцент
- Курманов У.Э. – канд. техн.наук, доцент

Организованное производство и обслуживание
100-142

Безопасность дорожного движения
142-173

Технология и средства механизации
сельского хозяйства
174-207

Казахстанская Республика
Алматы, Нурлытау 1250040
Тел: (077) 24-11-12
(077) 61-38-00
(077) 20-33-82

элементы дороги для каждого случая по отдельности.

Использование длинномерных автопоездов в будущем будет только расти, особенно между ЕС и Китаем. Товарооборот между Китаем и ЕС, по мнению экспертов, к 2020 году может достичь 1 трлн. долларов и 10 % из этих грузопотоков будет осуществляться автомобильным и железнодорожным транспортом. Это привет к увеличению грузоперевозок в разы по сравнению с нынешними показателями. Данный маршрут обязательно затронет дороги Кыргызстана и потребует от нас модернизации всей инфраструктуры перевозочного процесса. Если исходить из расчета, что через нас будут прохо-

дить длинномерные большегрузные автопоезда, то приоритетными задачами КР являются совершенствование законодательства КР в области транспортных перевозок, строительство и реконструкция автомобильных дорог отвечающих международным стандартам, привлечение значительных инвестиций в дорожную отрасль, строительство перевалочных пунктов и логистических центров для автоперевозок. Наиболее проблемными является обеспечение прочности дорожной одежды, снижение уклонов дорог в горных районах, обеспечение надлежащего сервиса и обслуживания автотранспорта в горах, на которые уже сейчас необходимо обратить особое внимание.

Литература

1. Автомобильные дороги. СНиП 2.05.02-85
2. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст] / В. Ф. Бабков. –М. : Транспорт, 1982. –280с.
3. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. –М.: РосдорНИИ, 2001.

УДК: 629.33(043.3)

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ БЕНЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ ПРИ ЕЕ СГОРАНИИ В ЦИЛИНДРАХ ДВИГАТЕЛЯ

Глазунов Д.В. – к.т.н., доцент, КРСУ им.Б.Н.Ельцина

Глазунов В.И. – к.т.н., профессор КРСУ им.Б.Н.Ельцина

Горение углеводородов не всегда завершается догоранием оксида углерода, который образуется в начальной стадии процесса горения бензовоздушной смеси. Процесс догорания оксида углерода для углеводородного пламени определяет общее время реакции окисления топлива. При зарождении цепи окисления создается некоторое количество свободных радикалов, реагирующих с кислородом, затем появляются перекисные радикалы, которые реагируя с углеродной молекулой, образуют молекулу гидроперекиси.

На образование углеводородов большое влияние оказывают компактность камеры сгорания, т.е. величина отношения поверхности камеры сгорания к ее объему, температура стенок, камеры сгорания, турбулентность заряда, возможность догорания его после гашения пламени у стенок.

Научно-исследовательские работы по снижению токсичности ОГ поршневых двигателей способствуют совершенствованию как экспериментальных, так и те-

оретических методов изучения путей образования токсических продуктов в этих двигателях.

Основным токсическим компонентом отработавших газов по количеству выделения, бензиновых двигателей является оксид углерода, содержание которого на некоторых режимах может достигать 10% от общего объема ОГ. Затем идут оксиды азота, содержание которых также около 10%, но которые отличаются значительно более сильной ядовитостью, не сгоревшие углеводороды и др.

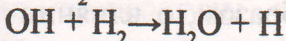
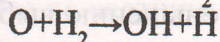
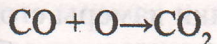
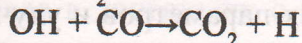
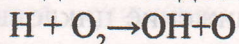
Рассмотрим образование оксида углерода.

Механизм образования оксида углерода и влияние различных факторов на их выход достаточно хорошо изучены.

Горение углеводородов не всегда завершается догоранием оксида углерода, который образуется в начальной стадии процесса горения бензовоздушной смеси. Процесс догорания оксида углерода для углеводородного пламени определяет общее время реакции окисления топлива.

При зарождении цепи окисления создается некоторое количество свободных радикалов, реагирующих с кислородом, затем появляются перекисные радикалы, которые реагируя с углеродной молекулой, образуют молекулу гидроперекиси.

Дальнейшее окисление СО происходит по цепному механизму. По Н. Семенову и Я. Зельдовичу [2] схема окисления СО в присутствии воды выглядит так:



Полнота окисления СО в основном зависит от состава горючей смеси, ее гомогенности, тепло и массообмена в камере сгорания.

Содержание оксида углерода определяется в основном составом горючей смеси. Расчетами реакций окисления паров топлива при недостатке воздуха можно определить концентрацию СО в продуктах сгорания. Газовые анализы

показывают, что при коэффициенте избытка воздуха, α равном 1,05... 1,15 также образуется СО, (хотя кислорода в смеси вроде и достаточно) - это объясняется диссоциацией части СО₂, неравномерностью состава смеси по цилиндрам двигателя и неравномерностью распределения паров топлива в объеме поступающей в цилиндры смеси.

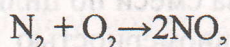
Влияние температуры и давления воздуха на выделение СО также исследовали С. Краузе. и М. Манос [1]. Эти параметра влияют на состав приготовляемой горючей смеси и соответствующим образом на выделение СО, что имеет место при эксплуатации автомобилей в условиях повышения температур окружающего воздуха (в теплое время года) и высокогорья (горные автодороги).

Механизм образования оксидов азота носит сложный характер, и он еще полностью не раскрыт, существует несколько способов, позволяющих вести расчеты. Сложность здесь заключается в том, что выделяющийся в процессе реакции окисления (горения смеси) - в цилиндрах двигателя оксид азота практически не токсичен, но при выходе ОГ наружу, а атмосферу, под действием солнечного света он доокисляется в диоксид азота, который очень токсичен, - в 70 раз токсичнее СО. Поэтому борьба с диоксидом азота имеет значительные сложности. Образование окислов азота активно идет при горении (окислении) имеет при высоких температурах рабочего цикла.

На основании исследований Шварцбауэра [2], показавших, что содержание атомарного кислорода в зоне пламени и прилегающей к ней зоне реакции окисления значительно превышает концентрацию молекулярного кислорода, автор в расчетах принимает, что концентрация атомарного кислорода в пять раз выше молекулярного. Образованием NO₂ и N₂O₅ в расчетах можно пренебрегать и учитывать только образование NO. Расчет сле-

дует вести только для сгоревшей части заряда, при этом необходимо учитывать температурные градиенты частей заряда.

Другие авторы принимают простую двухмолекулярную схему образования NO:



Это показывает, что при условиях сгорания в бензиновых ДВС концентрация NO не успевает достигнуть равновесного состояния.

При богатой смеси концентрация NO сразу после начала сгорания резко нарастает, однако максимальное содержание NO ограничивается из-за недостатком избыточного кислорода. Кроме того, имеет место заметное разложение NO (до 30% от максимальной величины). При сгорании обедненных смесей наблюдается «замораживание» окислов азота в процессе расширения.

Ланге К. нашел [1], что повышение степени сжатия, ϵ при работе на обедненных смесях в режиме полной нагрузки сопровождается увеличением эмиссии NOx. Это объясняется ростом максимальной температуры цикла и уменьшением количества остаточных газов в цилиндре. На режимах частичных нагрузок величина степени сжатия на образование NOx практически не влияет.

Эффективным средством снижения эмиссии NO в цилиндрах двигателя является рециркуляция части отработавших газов из выпускной трубы во впускной трубопровод. Хансель в результате испытаний автомобиля Плимут на стенде с беговыми барабанами пришел к выводу, что при отношении воздух-топливо 16...18 ($\alpha = 1,07...1,2$) снижение уровня выбросов NOx до 0,62 г/км получают в случае рециркуляции 20% отработавших газов, одновременно с этим расход топлива увеличивается на 10%. Пропуски зажигания начинаются при рециркуляции 25% ОГ [1].

Повышенное содержание отработав-

ших газов в свежем заряде может быть достигнуто соответствующим выбором или регулированием в процессе работы двигателя фаз газораспределения. Наилучшие результаты дает этот метод во время работы двигателя, но механизмы автоматического изменения фаз газораспределения при этом весьма сложны по устройству.

Положение периода перекрытия клапанов по углу ПКВ также влияет на образование NOx. Для раннего закрытия выпускного и раннего открытия впускного клапанов характерно повышение количества остаточных газов в цилиндре и заброс их во впускной канал, что является эффективной мерой по снижению концентрации NOx, вот, особенно в диапазоне высоких скоростных режимов двигателя. При перемещении точки перекрытия клапанов в сторону запаздывания, наблюдается обратное засасывание отработавших газов в цилиндр и понижение образования NOx, особенно в диапазоне малых скоростей вращения коленчатого вала.

По мнению Ланге К., форма и компактность камеры сгорания, в частности, наличие вытеснителей и их площадь, влияет на турбулентность, создаваемую в ходе сжатия смеси и снижает токсичность ОГ. Повышенная турбулентность заряда обуславливает снижение цикловых разбросов рабочих параметров и улучшение теплоотдачи в стенки камеры сгорания, что способствует уменьшению выброса NOx.

Таким образом, о влиянии турбулентности заряда на образование NOx имеются различные мнения.

При затухании пламени в щелевых пространствах периферии камеры сгорания, головки поршня и вытеснителях образуются продукты неполного сгорания топливо-токсичные углеводороды и альдегиды.

Исследования, проведенные Даниелем и Готенбергом показали [1], что в присте-

в тонком слое заряда толщиной 0,05...0,38 мм образуется зона тушения фронта пламени. Наличие этой зоны и обуславливает образование несгоревших углеводородов в отработавших газах. Поэтому, на образование углеводородов большое влияние оказывают компактность камеры сгорания, величина отношения поверхности камеры сгорания к ее объему, температура в камере сгорания, турбулентность смеси, возможность догорания его после отрыва пламени у стенок.

Для снижения содержания в отработавших газах СН следует стремиться к уменьшению малой поверхности камеры сгорания при максимальном объеме, так как при этом уменьшается объем пристеночного слоя горячей смеси, в котором процесс сгорания идет малоэффективно, выделением большого количества СН и альдегидов.

Дополнительными мероприятиями при этом являются увеличение рабочего объема цилиндра, отношения $\frac{S}{V}$ и снижение температуры сгорания. Снижению образования СН способствуют также повышение температуры в камере сгорания и уменьшение площади пристеночного слоя горячей смеси. Последнее может быть достигнуто увеличением турбулизации заряда, способствующей переносу активных частиц из пламени в пристеночный горячий слой.

Существенное снижение выделения СН наблюдается в двигателях с послойным смесеобразованием и сжиганием заряда при работе на частичных нагрузках.

Уменьшение температуры окружающего воздуха вызывает увеличение выделения СН, вследствие ухудшения процесса смесеобразования.

С учетом санитарных норм концентрации всех компонентов отработавших газов бензинового двигателя можно привести к концентрации СО и по сумме приведенных концентраций оценивать суммарную токсичность бензинового двигателя в целом:

$$C^{CO} = C_{CO} + 0,67C_{CH} + 10C_{N_xO_y} + 10C_{альд.}$$

где: C_{CO} - концентрация СО в отработавших газах;

C_{CH} - концентрация углеводородов;

$C_{N_xO_y}$ - концентрации окислов азота;

$C_{альд.}$ - концентрация альдегидов

В ходе экспериментов многими исследователями установлено, что сгорание паров топлива (обедненных смесей) при высокой температуре сгорания смеси в цилиндре поршневого двигателя приводит к образованию окислов азота. Известные методики расчета учитывают эти особенности не полностью, что снижает возможности их применения для анализа влияния различных факторов на образование окислов азота. Рассмотрим эти особенности. В бензиновом двигателе при продвижении фронта пламени в камере сгорания возникает большая температурная неравномерность. Перед фронтом пламени горючая смесь имеет сравнительно невысокую температуру и здесь образование NO не происходит; во фронте пламени реагируют чрезвычайно активные частицы углеводородных молекул, при этом количество азота ничтожно мало, вероятность реакций между самими этими частицами за малые промежутки времени практически равна нулю.

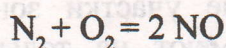
В расчетах поэтому следует учитывать лишь реакции этих частиц с молекулами среды горения (N_2 , CO_2 , H_2O , CO , O_2).

Особенность протекания реакций окисления (горения) в бензиновых поршневых ДВС заключается в чрезвычайно малом времени, отводимом на их завершение. Расчеты показывают, что химические реакции веществ, требующих большой энергии активации: диссоциация продуктов сгорания, окисление N_2 , за такое малое время не могут полностью завершиться равновесными концентрациями продуктов сгорания.

Отдельные участки зоны продуктов сгорания имеют не только различные

температуры, но и находятся в различных временных условиях. У источника зажигания действуют наивысшие температуры (3000 К) и имеется наибольшее время для химических реакций. По мере удаления от источника зажигания снижаются температуры горячей смеси и уменьшается время, отводимое для реакций окисления. После достижения максимального давления в цилиндре, вследствие движения поршня вниз, к НМТ, происходит резкое падение давления и температуры, и реакции окисления N₂ немедленно прекращаются. По этой причине расчет реакций образования NO и диссоциации CO₂ и H₂O должны производиться последовательно, в малых объемах участков камеры сгорания через малый угол поворота коленчатого вала, с учетом текущих температур, действующих в этих участках. В предлагаемой методике образование NO и CO рассчитывается последовательно, в малых объемах камеры сгорания, через малые интервалы поворота коленчатого вала. При этом производится суммирование текущих количеств NO и CO в каждом таком объеме и затем во всем объеме продуктов сгорания за фронтом пламени. В результате строятся графики нарастания концентраций NO и CO по углу ПКВ.

Другая особенность заключается в том, что весь комплекс реакций, приводящий к образованию NO, происходит в инертной среде продуктов сгорания. По этой причине концентрация активных частиц различных промежуточных реакций окисления ничтожно мала и вероятность реакций между самими этими частицами за малые отрезки времени практически равна нулю; следовательно, следует учитывать только реакции этих частиц с молекулами среды. При наличии в продуктах сгорания свободного кислорода образование оксида азота может идти по реакции:



Скорость протекания реакции равна:

$$\frac{d[NO]_i}{dt} = K_i [N_2] [O_2],$$

Константа скорости этой реакции вычисляется по уравнению:

$$K_i = 10^{24,96} T^{5/2} \exp\left(\frac{128000}{RT}\right) ?$$

Концентрация остаточного кислорода при $\alpha > 1$ в продуктах сгорания равна:

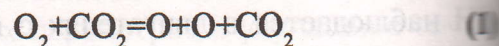
$$[O_2] = \frac{0,21 * \alpha - 1}{\beta},$$

Концентрация азота будет:

$$[N_2] = \frac{0,79}{\beta},$$

Возможен и другой путь окисления азота свободным кислородом: вначале, под воздействием высоких температур, происходит диссоциация кислорода, а затем уже осуществляется реакция соединения азота с атомарным кислородом.

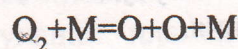
Диссоциация кислорода может проходить по двум схемам с различным энергетическим уровнем:



с константой скорости:

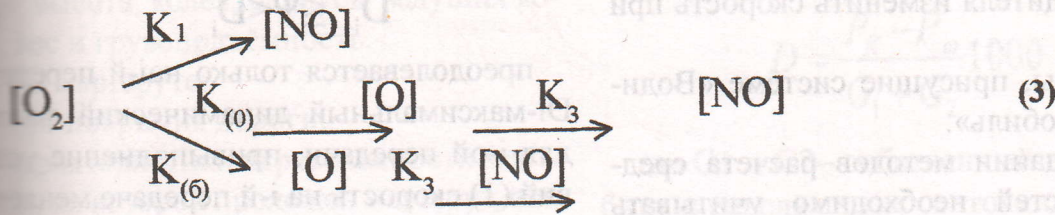
$$K_{(0)} = 10^{19,9} \exp\left(-\frac{39000}{RT}\right),$$

и



$$K_{(6)} = 10^{18,5} \exp\left(-\frac{118000}{RT}\right),$$

Схему параллельно-последовательной реакции окисления азота с учетом всех трех реакций можно представить так:



$$\text{K}_3 = 10^{13.7} \exp\left(-\frac{75000}{\text{RT}}\right)$$

Среднюю скорость реакции окисления азота (3) определяем по уравнению

$$d[\text{NO}]_{1,a,\delta} = [\text{O}_2] \text{K}_1 + \text{K}_a \text{K}_3 + \text{K}_\delta \text{K}_3, \quad (5)$$

При воздействии на продукты сгорания дополнительных окислителей для N₂. Реакции образования окислителя и окисления N₂ могут быть последовательными и параллельно-последовательными.

Литература

1. Глазунов Д.В., Моделирование процессов смесеобразования и сгорания в автомобильных двигателях. Монография // – Бишкек: Изд-во КРСУ им.Б.Н.Ельцина, 2013. – 100с.
 2. Семенов Н.Н. Цепные реакции // Госхимтехиздат. – М.; 1964. – 165с.

ISSN 1613(23.0):711.7-047.58

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА СРЕДНИХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ГОРНЫХ ДОРОГАХ

Алсеитов М.Т. – к.т.н., и.о. доцента, КРСУ им.Б.Н.Ельцина
Советбеков Б. – к.т.н., доцент, КРСУ им.Б.Н.Ельцина

В данной статье проведены вычисления характеристики закона распределения суммарного сопротивления и относительные пути движения для различных типов дорог. Расчет был проведен для условий, близких к тем, в которых автомобили VOLVO F 12 и RENAULT 385.19 Т проходили испытания. Представляется возможным сравнить величины средних скоростей, вычисленных теоретическими методами, с величинами средних скоростей, полученных при испытаниях.

Разработка методов расчета средних скоростей грузовых автомобилей возможно на основании более полного изучения процесса движения грузового автомобиля и влияние на этот процесс различных

факторов. К ним относятся [5]:
 1) факторы, определяющие сопротивление движению;
 2) факторы, не связанные с изменением сопротивлений, но тем не менее вынуж-