

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМЕСИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ МОЩНОСТИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ МЕТОДОМ ОТКЛЮЧЕНИЯ РАБОЧИХ ЦИКЛОВ

*Юрий Герасимчук*

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
Украина, г. Киев, ул. Героев Обороны, 15*

*Yuriy Gerasymchuk*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Str. Heroiv Oborony, 15, Kiev, Ukraine*

**Аннотация.** Определен оптимальный состав топливо-воздушной смеси и подобрана цикловая подача для рабочего цикла при регулировании мощности отключением рабочих циклов, чтобы обеспечить работу бензинового двигателя с минимальным содержанием вредных веществ в отработавших газах в учетом топливной экономичности.

**Ключевые слова:** бензиновый двигатель, двигатель с регулированием мощности отключением отдельных рабочих циклов, отработавшие газы, электромагнитный газотборочный клапан, математическая модель, частей на миллион (млн<sup>-1</sup>), оксиды азота, экологические показатели.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проблемы загрязнения окружающей среды и энергосбережение, возникшие за последние десятилетия, дают толчок для решения первоочередных задач существования человечества.

Мировой автомобильный транспорт, который в начале XXI-го столетия насчитывает более 700 млн. единиц техники, отыгрывает доминирующую роль в образовании и решении этой проблемы. По расчетам специалистов США, годовой выброс вредных веществ в атмосферу двигателями внутреннего сгорания (ДВС) составляет: 144500 тыс. т CO, 27345 тыс. т C<sub>m</sub>H<sub>n</sub> и 14740 тыс. т NO<sub>x</sub>. До 2020 года эти показатели увеличатся в несколько раз, что подчеркивают остроту проблемы загрязнения атмосферы Земли вредными выбросами [13, 14, 21].

Загрязнение атмосферы токсичными веществами (ТВ) подталкивает к проведению работ по созданию малотоксичных энергетических установок для транспортных средств. Работы проводятся по двум основным

направлениям: уменьшение токсичности и снижение потребления топлива традиционных ДВС (бензиновых та дизельных поршневых), а также создание принципиально новых энергетических установок (двигатели Стирлинга, газотурбинные, электрические с питанием от аккумуляторных батарей, роторно-поршневые двигатели Ванкеля, водородные двигатели на топливных элементах).

Создание конкурентоспособных электромобилей препятствует отсутствие надежных источников питания для электродвигателя. К сожалению, современные источники питания еще далеки от совершенства, очень тяжелы, имеют ограниченный ресурс и малые показатели накопления энергии, чем ограничивают пробег автомобиля до полного разряда батареи.

А такие недостатки, как высокая стоимость, высокие требования к материалам при изготовлении, сложность кинематического механизма, отсутствие заправочных станций и станций технического обслуживания сдерживают внедрение и использование альтернативных энергетических установок в качестве двигателей для транспортных средств.

В последние десятилетия на транспортные средства устанавливаются поршневые бензиновые двигатели и дизели, которые составляют более 90% (из них 70% бензиновые ДВС) от общего количества тепловых двигателей.

Поэтому в ближайшее время существенное уменьшение загрязнения воздуха и снижение потребления топлива, возможно, достичь путем проектирования менее токсичных бензиновых двигателей, производство которых отлажено и полностью отработано [5].

# ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМЕСИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ МОЩНОСТИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ МЕТОДОМ ОТКЛЮЧЕНИЯ РАБОЧИХ ЦИКЛОВ

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

си с учетом содержания вредных веществ в отработавших газах.

Вопросами снижения выбросов ТВ и улучшение топливной экономичности бензиновых ДВС занимались ученые В.И. Крутов, В.А. Звонов, Ю.Ф. Гутаревич, В.В. Фурса, В.М. Малахов, А.М. Воинов, А.З. Филиппов, Н.Н. Патрахальцев, К.А. Морозов, В.Ф. Кутенев.

Значительного распространения и внимания из всех ранее предложенных разработок следует выделить такие разработки: регулирование мощности двигателя отключением группы цилиндров; использование разделенной камеры сгорания (форкамерно-факельное сгорание предложенное профессорами А.Н. Воиновым и Л.А. Гуссаком); расслоение смеси и повышение интенсификации турбулентности заряда разработанной фирмой Mitsubishi на двигателях GDI (Gasoline Direct Injection) и фирмой Volkswagen FSI (Fuel Stratified Injection).

Проведя анализ перечисленных способов для снижения токсичности отработавших газов (ОГ) и уменьшения потребления топлива следует обратить внимание на то, что все они в большей или меньшей мере направлены на возможность работы ДВС при составе смеси с  $\alpha > 1$  [4, 8, 9].

Из рассмотренных ранее перспективных транспортных энергетических установок, следует выделить двигатель с принципиально новым методом регулирования мощности – отключением отдельных рабочих циклов (ДРЦ), который был предложен профессором Андрусенком П.И. и усовершенствованный профессором Филипповим А.З. [4, 5].

ДРЦ снижает на частичных нагрузках расход топлива на 20...25% с одновременным существенным уменьшением, в 2,5-4 раза, токсичности отработавших газов. На холостом ходу – уменьшение расхода топлива до 45 %.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Улучшение экологических показателей и топливной экономичности бензинового ДВС с регулирование мощности методом отключения отдельных рабочих циклов путем оптимизации состава топливо-воздушной сме-

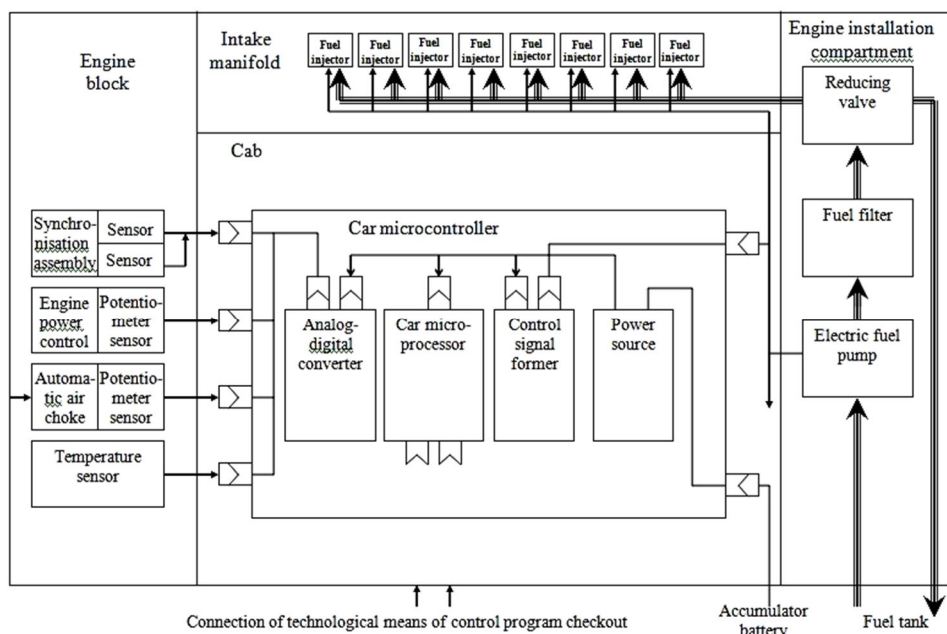
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сущность метода ДРЦ заключается в том, что по мере уменьшения (или увеличения) нагрузки путем прекращения подачи топлива в цилиндры отключается часть рабочих циклов, обеспечивающих получение необходимой мощности. Реализуется же столь мгновенное прекращение подачи топлива с помощью электромагнитных форсунок. На рис. 1 представлена система питания бензинового ДРЦ.

К особенностям регулирования мощности двигателя отключением циклов относятся также постоянно открытое положение дроссельной заслонки во всем диапазоне изменения нагрузок двигателя, что ведет к увеличению индикаторного и механического КПД двигателя.

Учитывая особенности работы ДРЦ и его сложный физико-химический процесс сгорания обедненной топливо-воздушной смеси при постоянном коэффициенте избытка воздуха ( $\alpha \approx 1,0...1,2$ ), концентрация CO и  $C_mH_n$  в ОГ будут на очень низком уровне, тогда как концентрации  $NO_x$  имеют максимальные значения при  $\alpha \approx 1,05...1,15$ . С дальнейшим увеличением значения  $\alpha$  в бензиновых двигателях с традиционной формой камеры сгорания нарушается процесс сгорания, что приводит к возникновению пропусков зажигания переобедненной топливо-воздушной смеси, повышаются выбросы несгоревших углеводородов и существенно увеличивается удельный расход топлива  $g_e$  [17].

Поэтому актуальными есть теоретические и экспериментальные исследования для более детального изучения образования оксидов азота в цилиндре двигателя, в данном случае ДРЦ, и поиск оптимальных регулировочных параметров системы питания на всех нагрузочных и скоростных режимах ДРЦ. Также до этого времени остается не исследован по параметру “токсичность” рабочий цикл ДРЦ, следующий за отключенным (продувочным) циклом. На актуальность этого исследования также повлияла большая сложность нейтрализации оксидов азота и введение жестких мировых норм, ограничивающих выбросы ТВ в бензиновых двигателях автомобилей.



**Рис. 1.** Схема системы питания 8-ми цилиндрового бензинового ДВС с регулированием мощности методом отключения отдельных рабочих циклов  
**Fig. 1.** Scheme of power system of 8-cylinder internal combustion engine with regulation of power using individual cycle cut-off

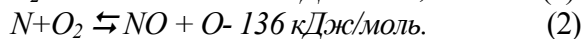
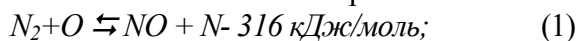
В основе теоретических расчетов была использована математическая модель проф. Филиппова А.З., усовершенствованная и трансформирована к поставленной в данной работе задаче – на предмет определения концентрации оксидов азота в рабочих циклах ДРЦ. На основе математической модели определены параметры (максимальная температура цикла  $T_z$  и др.) рабочих циклов ДРЦ, включая рабочий цикл, следующий после 1-го, 2-х и более подряд отключенных циклов.

При этом необходимо иметь в виду, что увеличение коэффициента избытка воздуха с 1,10 до 1,317, в принципе, вело бы к увеличению продолжительности сгорания, а также к изменению угла опережения зажигания. Более того, при таком значении  $\alpha > 1,3$  рабочая смесь (свежий заряд) не возгорится, или будет присутствовать сгорание с “хлопками” и нерегулируемыми пропусками рабочих циклов. Поэтому в этих случаях необходимо “обогащать” рабочую смесь до  $\alpha \leq 1,0 \dots 1$ , и длительность процесса сгорания будет такой же, как и рабочих циклах ДРЦ. Таким образом, при работе ДРЦ необходимо после одного отключенного цикла увеличить количество топлива на 10...15%, после второго и третьего – на 15...20%. При этих условиях

коэффициент избытка воздуха составляет  $\alpha \approx 1,05 \dots 1,15$  (при соответствующем увеличении индикаторной работы). Уместно отметить, что для полной оценки тепловых потерь в рабочем цикле ДРЦ, следующем после отключенных рабочих циклов, следует также учесть локальные уменьшения температур в камере сгорания.

Программа расчета рабочего процесса ДРЦ написана на языке программирования Fortran, а управляющая программа данным, которые получены в процессе расчета – на языке программирования FoxPro.

В расчетной модели определения  $NO$  в рабочих циклах ДРЦ включая рабочий цикл, следующий за отключенным, основными являются цепные реакции Семенова Н.Н. [1, 2], скорость которых зависит от концентрации атомарного кислорода, который определяется в условиях равновесия с молекулярным кислородом согласно реакции в уравнении (3). Поскольку в этой реакции должен участвовать атомарный кислород, предполагаем, что процесс образования  $NO$  начинается только после полного сгорания топлива.



$$r_0 = K_0 \sqrt{r_{O_2}}, \quad (3)$$

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМЕСИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ МОЩНОСТИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ МЕТОДОМ ОТКЛЮЧЕНИЯ РАБОЧИХ ЦИКЛОВ

где:  $K_0$  – коэффициент равновесия атомарного кислорода;  $r_0$  и  $r_{O_2}$  – соответственно концентрации атомарного и молекулярного кислорода.

Кинетика реакции рассчитывалась по формуле Зельдовича Я.Б. [8].

В формулу (4) входят концентрации  $NO$ ,  $O_2$ ,  $N_2$  а также температура (при фиксированном объеме). Приведенная формула для обедненной смеси, когда после сгорания остается некоторое количество кислорода. В этом случае массы кислорода и азота в формуле (4) приравняем к постоянным величинам.

$$\frac{dNO}{dt} = \frac{5 \cdot 10^{11}}{\sqrt{O_2}} \cdot e^{-\frac{86000}{RT}} \left( O_2 \cdot N_2 \cdot \frac{64}{3} e^{-\frac{43000}{RT}} - NO^2 \right). \quad (4)$$

Поскольку в ходе кинетики поршень движется в цилиндре и изменяется объем  $V$ , а следовательно и концентрации всех веществ для количеств атомов:  $N_{NO} = n_{NO} \cdot V$ , которая представлена формулами (5, 6):

$$\frac{d}{d\phi} N_{NO} = V \cdot \sqrt{\frac{V}{NO_{O_2}}} \cdot 5 \cdot 10^{11} \cdot e^{-\frac{86000}{RT}} \left( \frac{N_{O_2} \cdot N_{N_2}}{V^2} \cdot \frac{64}{3} e^{-\frac{43000}{RT}} - \frac{N_{NO}^2}{V^2} \right) = A - B \cdot N_{NO}^2, \quad (5)$$

$$\text{где: } A = \frac{1.07 \cdot 10^{13} \sqrt{N_{O_2}} \cdot N_{N_2}}{\sqrt{V}} \cdot e^{-\frac{129000}{RT}},$$

$$B = \frac{5 \cdot 10^{11}}{\sqrt{N_{O_2}} \cdot \sqrt{V}} \cdot e^{-\frac{86000}{RT}}. \quad (6)$$

Для уточненной математической модели по определению концентрации  $NO_x$  в рабо-

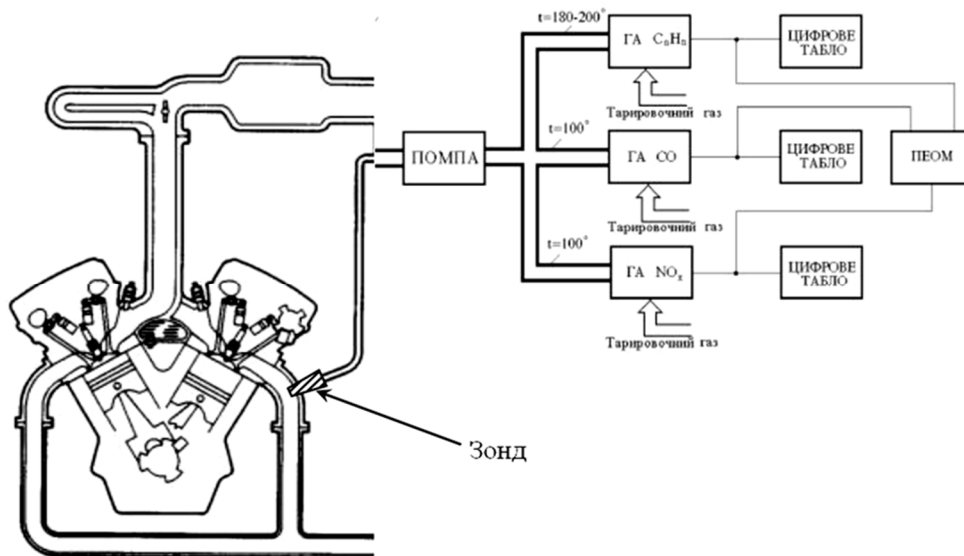
чих циклах ДРЦ с применением квантово – механического расчета определен коэффициент равновесия атомарного кислорода, где температура  $T$  выражено на в  $K$  и представлена формулой (7):

$$K_0 = 3 \cdot 10^{15} \cdot \left( \frac{T}{2000} \right)^{1/4} \cdot \sqrt{\text{sh}\left( \frac{11000}{T} \right)} \cdot \exp\left( \frac{30000}{T} \right). \quad (7)$$

Эксперимент по определению оксидов азота проводился на ранее согласованном режиме работы ДРЦ как в рабочем цикле так и в рабочем цикле, следующем за отключенным при  $n_{к.в.} = \text{const} = 1500 \pm 50 \text{ мин}^{-1}$ . Экспериментально определялись концентрации ТВ, эффективная мощность, и удельный расход топлива  $CO$ ,  $C_m H_n$ ,  $NO_x$ ,  $N_e$ ,  $g_e = f(a)$ .

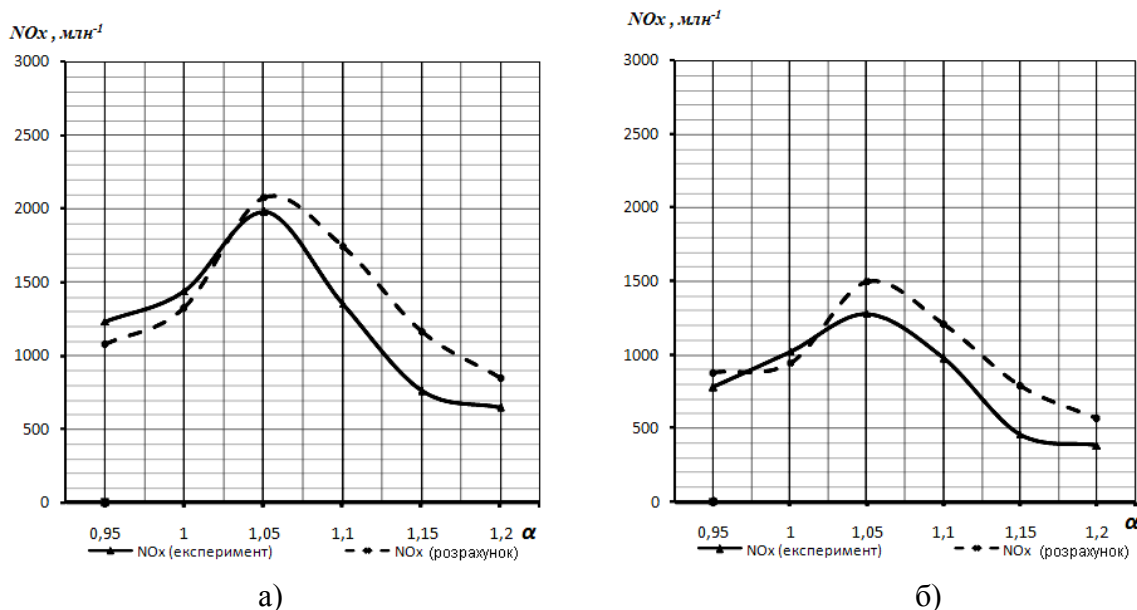
Пробу газа отбирали специальным зондом, который был изготовлен из специальной нержавеющей жаростойкой стали. Зонд разместили в выпускном коллекторе на расстоянии 50 мм от выпускного клапана. ОГ после зонда проходили через влагоудерживающее устройство, и дальше специальной помпой подавались по газовым магистралям в газоанализаторы (см. рисунок 2) [16].

Для проведения этой части эксперимента была учтена специфика работы ДРЦ, которая заключается в том, что коэффициент остаточных газов в рабочем цикле после первого отключенного (продувочного) цикла уменьшается в 7 раз, то есть камера сгорания почти полностью очищалась от остаточных газов.



**Рис 2.** Схема газоотборного комплекса для исследования ДВС

**Fig. 2.** Scheme of gas sampling complex for ICE research



**Рис. 3.** Оценка адекватности математической модели выхода оксидов азота в рабочем цикле ДРЦ (а) и в рабочем цикле, следующем за отключенным (б)

**Fig. 3.** Analyzing the adequacy of the mathematical model of the discharge of nitric oxide in working cycle of internal combustion engines (ICE) with control of power by cycles cut-off (a) and working cycle, following the cut-off (b)

Коэффициент избытка воздуха в рабочем цикле следующем после первого отключенного цикла также увеличился на 18 % (с 1,05 до 1,3). Поэтому в этих случаях необходимо "обогащать" топливо-воздушную смесь, чтобы достичь значений от  $\alpha=1,3$  до  $\alpha=1,0...1,2$ , при этом продолжительность процесса сгорания будет такой же, как и в рабочем цикле ДРЦ. С помощью программы, "обогащение" происходило изменением (увеличением) цикловой подачи топлива  $q_{ци}$ .

На рис. 3 представлены результаты расчетно-экспериментального исследования содержания оксидов азота в рабочем цикле ДРЦ, а также в рабочем цикле следующем за отключенным, при различных коэффициентах избытка воздуха  $\alpha$ .

Для получения более подробной информации работы ДРЦ по основным токсичным компонентам, мощности и расходу топлива были сняты ряд нагрузочных характеристик на различных скоростных режимах от ХХ до максимальной нагрузки, то есть, это зависимости концентраций  $CO$ ,  $C_mH_n$ ,  $NO_x$  и удельного расхода топлива  $g_e$  от изменения нагрузки. На рис. 4 представлена зависимость топливо-экономических и экологических показателей от нагрузки двигателя 8Ч

9,2/8 с серийной системой питания и ДРЦ при  $n_{к.в.} = 1500 \text{ мин}^{-1}$ .

Проанализировав характеристики по параметру токсичности серийного двигателя и ДРЦ можно сделать вывод по выбросам основных токсических веществ:

Оксид углерода  $CO$  на всех нагрузочных режимах ДРЦ будет значительно ниже по сравнению с серийным двигателем 8Ч 9,2 / 8;

Концентрации несгоревших углеводородов  $C_mH_n$  также имеют значения ниже. Исключение имеет только режим работы ДРЦ с обогащенным рабочим циклом, следующим за отключенным;

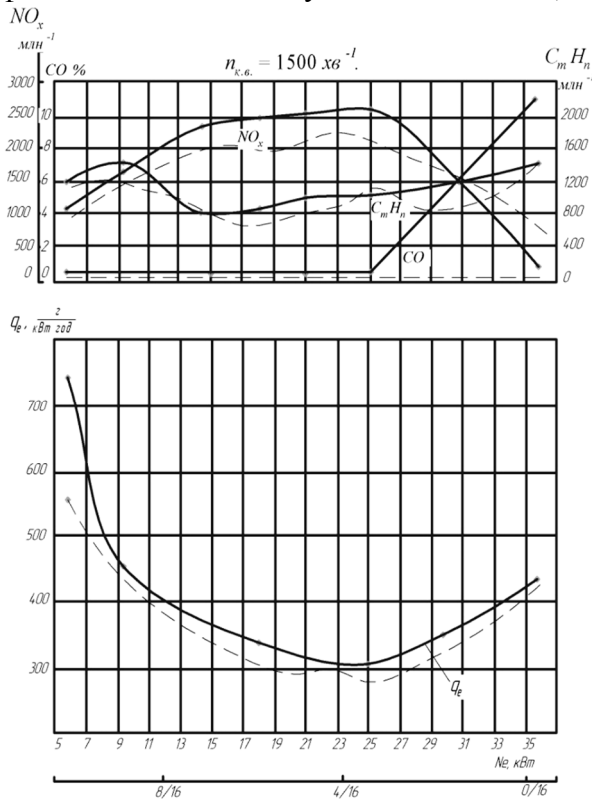
Оксиды азота  $NO_x$  при работе ДРЦ значительно меньше, чем при серийной системе, кроме максимального нагрузочного режима.

Проанализировав результаты теоретических расчетов и экспериментальных исследований ДРЦ, определено, что основным фактором, который влияет на концентрацию оксидов азота и других вредных компонентов в рабочих циклах ДРЦ и рабочем цикле, следующем за отключенным циклом, является состав топливо-воздушной смеси. При работе двигателя на оптимально обедненной топливо-воздушной смеси с  $\alpha \geq 1,1...1,15$  концентрация  $NO_x$  существенно ниже, чем при сгорании смеси близкого к стехиометри-

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМЕСИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ МОЩНОСТИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ МЕТОДОМ ОТКЛЮЧЕНИЯ РАБОЧИХ ЦИКЛОВ

ческому, а концентрации  $CO$  та  $C_mH_n$  незначительны, кроме того, достигается минимальный удельный расход топлива.

Для достижения стабильных значений рабочего цикла ДРЦ, следующего за отключенным, необходимо увеличить цикловую подачу топлива на 10...15%. При этом коэффициент избытка воздуха составит  $\alpha \geq 1,1$ .



Серийный двигатель

ДРЦ

**Рис. 4.** Зависимость топливно-экономических и экологических показателей от нагрузки двигателя 8Ч 9,2/8 с серийной системой питания и ДРЦ ( $n_{к.в.} = 1500 \text{ мин}^{-1}$ )

**Fig. 4.** Dependence of the fuel-economic and ecological indexes of 8cylinder engine load with serial power system and working cycle of internal combustion engines (ICE) with control of power by cycles cut-off ( $n = 1500 \text{ rpm}$ )

### ВЫВОД

1. Совершенствование рабочего процесса ДВС путем применения метода регулирования мощности отключением отдельных рабочих циклов является одним из направлений одновременном улучшении экологических показателей и топливную экономичность бензинового двигателя.

2. Определен механизм образования  $NO_x$  в соответствии с математической модели ДРЦ. С применением детального квантово-механического расчета определена формула константы равновесия атомарного кислорода  $K_0$ .

3. Для реализации метода регулирования мощности отключением отдельных рабочих циклов на базе бензинового двигателя 8Ч 9,2/8 создана система питания с электронным блоком управлением и отработан алгоритм его работы.

4. На основе теоретических расчетов и экспериментальных исследований с учетом топливной экономичности и экологических показателей бензинового ДВС разработаны рекомендации, согласно которым установлен оптимальный состав топливо-воздушной смеси с  $\alpha \geq 1,1 \dots 1,15$  для рабочих циклов ДРЦ. Для достижения стабильных значений рабочего цикла ДРЦ, следующего за отключенным, необходимо увеличить цикловую подачу топлива на 10...15%.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Biljavskij G.O. 2005: Osnovi ekologii: pidruchnik dlja stud. vuziv / G.O. Biljavskij, R.S. Furduj, I.Iu. Kostikov. – [2-ge vid.] – K.: Libid'. – 408.
2. Velichko O.M. 2001: Ekologichnij monitoring: [Navch.posib] / O.M. Velichko, D.V. Zerkalov; Nac. transport. un-t. – K.: "Nauk. svit". – 205.
3. Voinov A.N. 1977: Sgoranie v bystrohodnyh porshnevnyh dvigateljah. / A.N. Voinov – M.: Mashinostroenie. – 174–175.
4. Gorbunov V.V. 2006: Toksichnost dvigatelej vnutrennego sgoranija / V.V. Gorbunov, N.N. Patrahalev – M.: FGUP «NAMI». – 123.
5. Gutarevich Iu.F. 1989: Ohrana okruzhajushhej sredy ot zagrjaznenija vybrosami dvigatelej / Iu.F. Gutarevich. – K.: Urozhaj. – 224.
6. Djakov A.K. 1989: Ekologicheskaja bezopasnost transportnyh potokov / Djakov A.K., Ignatev Iu.V., Koshkin E.P. – M.: Transport – 128.
7. Ekologija 2002: Ekologija avtomobilnogo transportu: [Navch. posibnik] / [Gutarevich Iu.F., Zerkalov D.V., Govorun A.G., Korpach A.O., Merzhijevska L.P.]; Za red.

- Iu.F. Gutarevich, D.V. Zerkalov ta in. – K.: Osnova. – 311.
8. Zvonov V.A. 1981: Toksichnost dvigatelej vnutrennego sgoranja / V.A. Zvonov– [2-e izd., pererab.] – M.: Mashinostroenie. – 160.
9. Kovbasenko S.V. 1999: Pokrashhennja ekologichnih ta ekonomichnih pokaznikov avtomobiliv / S.V. Kovbasenko //Visn. Shidnoukr. derzh. un-tu. – №1. – 85–88.
10. Kulchickij A.R. 2000: Toksichnost avtomobilnyh i traktornyh dvigatelej. / A.R. Kulchickij – Vladimir: Vladim. gos. un-t. – 256.
11. Kucenko A.S. 1988: Modelirovanie rabochih processov dvigatelej vnutrennego sgoranja na IeVM / A.S. Kucenko – K.: Naukova dumka. – 104.
12. Lukanin V.M. 1993: Postanovka optimizacionnyh zadach v sisteme «Avto-transportnyj kompleks – okružhajushhaja sreda» / V.M. Lukanin, Iu.V. Trofimenko, A.V. Efremov // Transport, nauka i tehnika, upravlenie. – № 5 – 5-12.
13. Lukanin V.N. 1993: Ekologicheskoe vozdejstvie avtomobilnyh dvigatelej na okružhajushhiju sredu / V.N. Lukanin, Iu.V. Trofimenko // Itogi nauki i tehniki. –Tom 17. – 128–136.
14. Markov V.A. 2002: Toksichnost otrabotavshih gazov dizelej: nauchno-populjarnaja literatura / V.A. Markov, R.M. Bashirov, I.I. Gabitov. – [2-e izd., pererab. i dop.] – M. : Izd-vo Mosk. gos. tehn. un-ta im. N. Ie. Baumana., – 376.
15. Pavlova E.I. 1998: Ekologija transporta / E.I. Pavlova, Iu.V. Buralev. – M.: Transport. – 232.
16. Patent 2005: Patent 72969 Ukraina, MKI4 F 02 V 71/00. Gazovidbirnij kompleks dlja viznachennja osnovnih parametriv i toksichnosti dviguniv vnutrishnogo zgorjannja / A.Z. Filippov, M.Ye. Atamanenko, Iu.A. Gerasimchuk, V.V. Derevjanko – №2002118985; Zajav. 12.11.2002; Opubl. 16.05.2005, Bjul. № 5.
17. Filippov A.Z. 1995: Promislova ekologija (transport) / A.Z. Filippov. – K.: Vishha shkola. – 82.
18. Filippov A.Z. 1998: Toksichnist teplovih dviguniv. Suchasnij stan ta shljahi її zmeshennja / A.Z. Filippov, S.D. Vojtjuk, Iu.A. Gerasimchuk // Mehanizacija silskogo-spoda-

- rskogo virobництва: Zb. nauk. prac Nacionalnogo agrarnogo un-tu.–T. IV. – K.: Vidavnicтво NAU. – 177–184.
19. Filippov A., Beshun O., Krasowski E. 2001: Pro mozhlivist reguljuvannja potuzhnosti bagatocilindrovih dizelnih dviguniv metodom vidključennja okremih robochih cikliv // Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, Nacionalnij agrarnij universitet, Kiev, Polska Akademia Nauk Oddzial w Lublinie. – Lublin. – 2001, T. 1. – 33–37.
20. Anatolij Filippov. 2005: Dinamika dizelnogo DRC (dvigatelja s regulirovaniem moshhnosti otključeniem otdelnyh robochih ciklov) / Anatolij Filippov, Aleksey Beshun, Yuriy Gerasimchuk, Olga Gluhovska, Ludmila Evchenko // Lublin: MOTROL [ Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa]. – T. 7. – 83–91.
21. Sullivan I.L. 1998: Modifying automotive life-cycle assessment / I.L. Sullivan, M.M. Costic, W. Han. // Automotive Engineering International. – № 7. – 69–71.

#### OPTIMIZATION OF FUEL MIXTURE IN REGULATION OF POWER OF GASOLINE ENGINE BY METHOD OF CUT-OFF OF WORKING CYCLES

**Summary.** The subject of this research is finding of the optimum composition of a fuel-air mixture and built up cyclic input for working cycle of internal combustion engines (ICE) with control of power by cycles cut-off in order to provide ICE work with a minimum content of harmful substances in the exhaust gases and consequently, fuel economy.

**Key words:** petrol engine, engine capacity power control, switching off of working cycles, exhaust gas, electromagnetic gas sampling valve, mathematical model, parts per million, nitrogen oxides, ecological indexes.