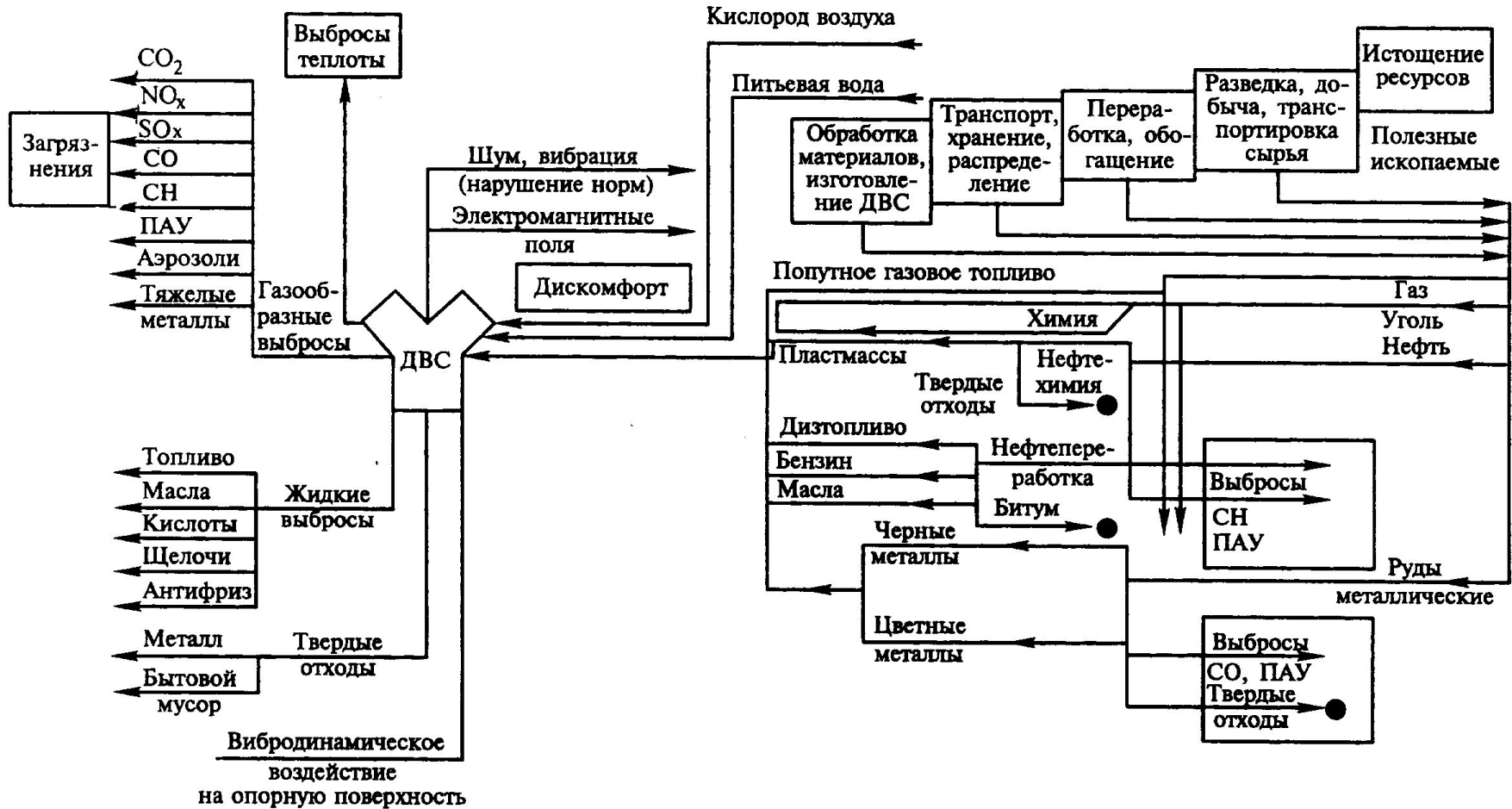


**Тема 11. Экологические  
характеристики двигателей  
внутреннего сгорания**

# Взаимодействие двигателя с внешней средой

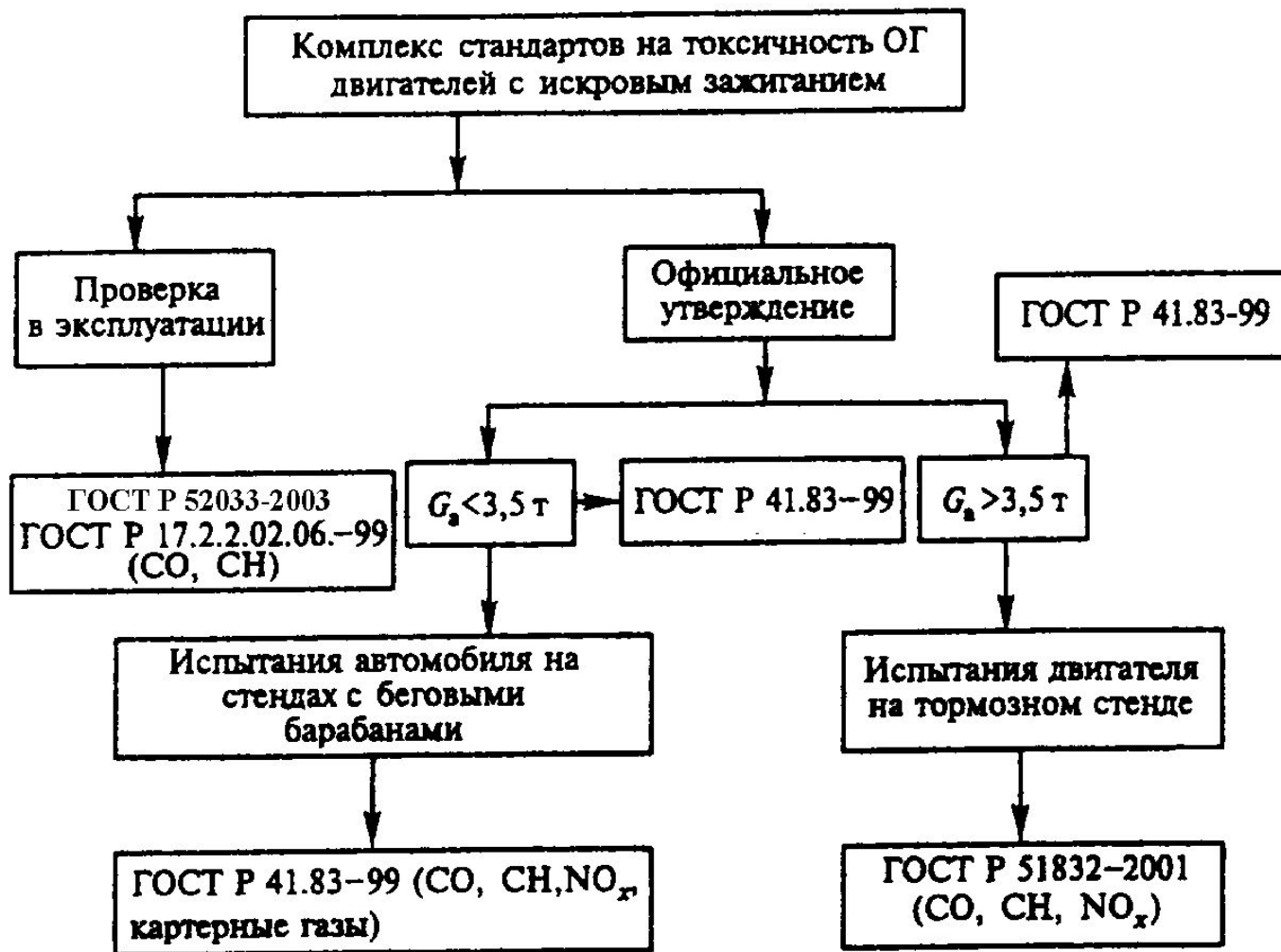


## Диапазон изменения количества токсичных компонентов в отработавших газах двигателей

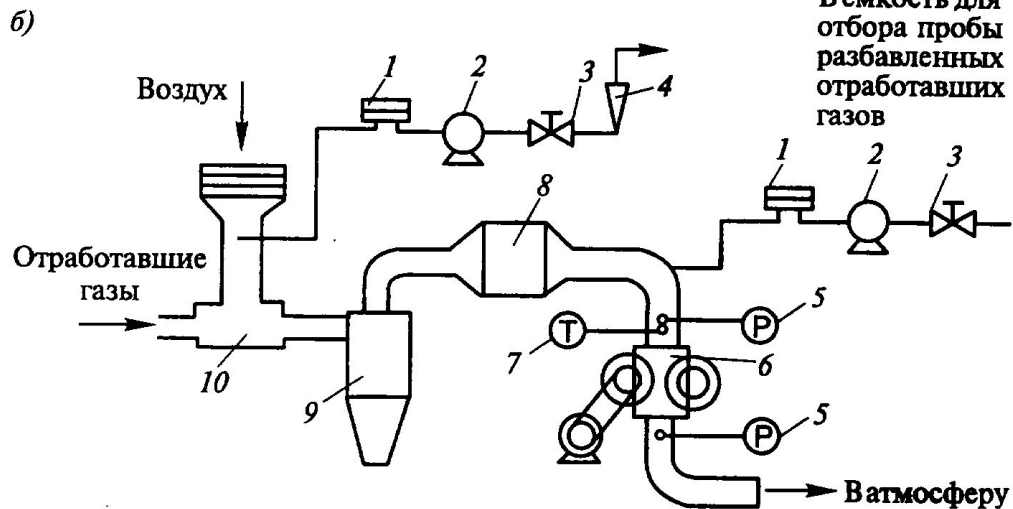
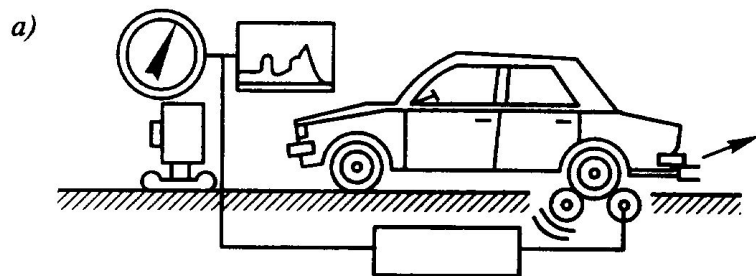
Компонент	Единица величины*	Дизель	Двигатель с искровым зажиганием
CO	% (об.)	0,01...0,5	0,1...8,0
CH	млн <sup>-1</sup>	100...500	200...4000
CO <sub>2</sub>	% (об.)	2...12	8...13
NO <sub>x</sub>	млн <sup>3</sup>	500...3000	500...5000
Бензин- $\alpha$ -пирен	мг/м <sup>3</sup>	0...10	0...25
Сажа	мг/м <sup>3</sup>	0...20000	0...100
Оксиды серы	мг/м <sup>3</sup>	0...0,015	0...0,003
Соединения свинца	мг/м <sup>3</sup>	—	0...60
Альдегиды	% (об.)	0,001...0,009	0...0,2

\* млн<sup>-1</sup> — миллионная доля по объему; 1 млн<sup>-1</sup> = 0,0001%.

# Комплекс стандартов на токсичность отработавших газов двигателей с искровым зажиганием



## Автомобиль на беговых барабанах (а) и пробоотборник постоянного объема (б)

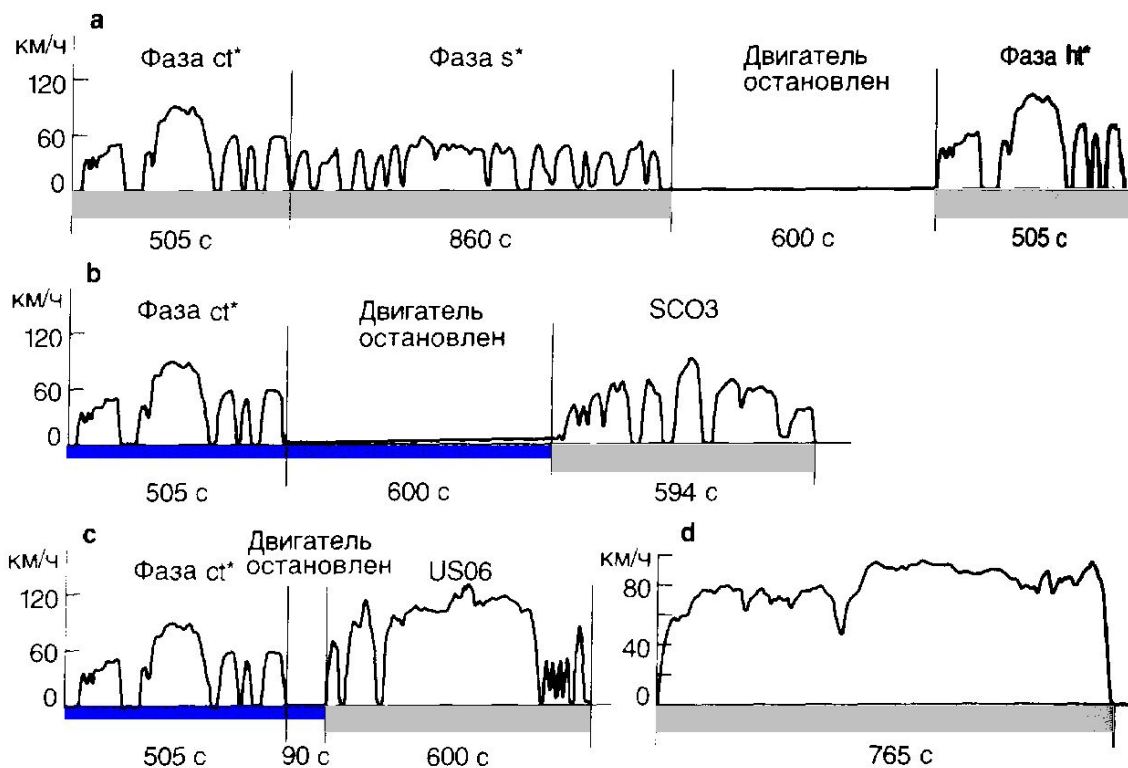


1 — фильтр; 2 — пробоотборный насос; 3 — вентиль; 4 — расходомер; 5 — манометр; 6 — ротационный насос; 7 — датчик температуры; 8 — теплообменник; 9 — центробежный фильтр; 10 — смеситель



## Испытательные ездовые циклы США

	a	b	c	d
Испытательный цикл	FTP 75	SC03	US06	Автомагистр
Пробег, км	17,87	5,76	12,87	16,44
Продолжительность, с	1877 + 600 (перерыв)	594	600	765
Средняя скорость, км/ч	34,1	34,9	77,3	77,4
Максимальная скорость, км/ч	91,2	88,2	129,2	96,4



\* Режим ct – холодная фаза; режим s – фаза ограниченных скоростей; режим ht – фаза на прогревом двигателе

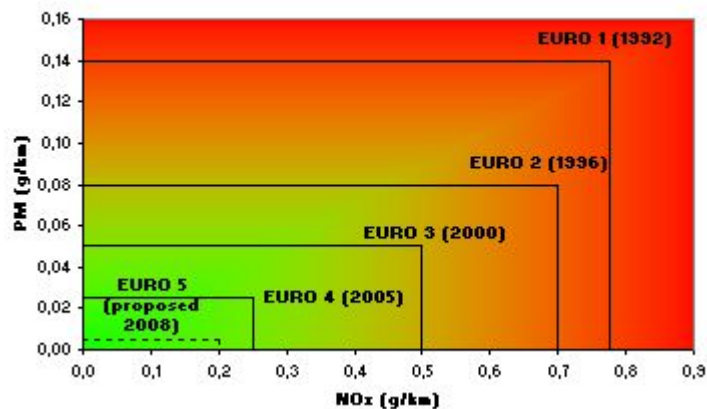
■ Этапы испытаний, при которых берутся пробы отработавших газов

■ Настройка требуемого режима работы (также возможны другие ездовые циклы)

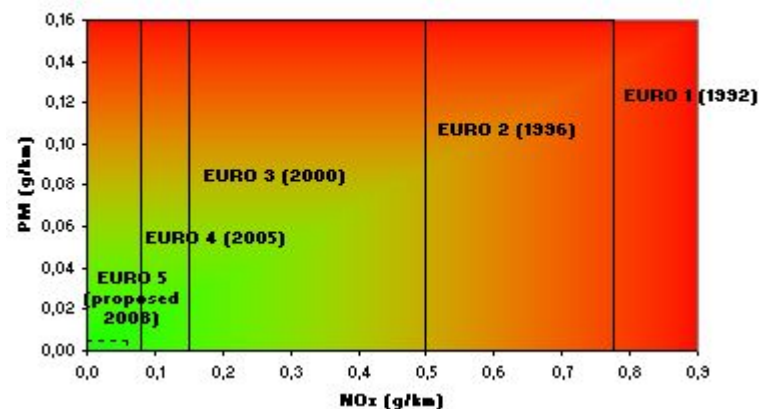
## Предельные нормы выбросов согласно стандартов Евро II-IV,V

Стандарт	Год введения	Тип двигателя	Норма выброса			
			CO, г/км	CH + NO <sub>x</sub> , г/км	Частицы, г/исп.	Испарения, г/исп.
Евро II	1996	Бензиновый	2,2	0,5	—	2
		Дизель	1,0	0,7	0,08	—
Евро III	2000	Бензиновый и газовый	2,3	0,2+0,15	—	2
		Дизель	0,64	0,56	0,05	—
Евро IV	2005	Бензиновый и газовый	1,0	0,1+0,08	—	2
		Дизель	0,5	0,3	0,025	—

NO<sub>x</sub> and PM emission standards for diesel cars



NO<sub>x</sub> and PM emission standards for petrol cars



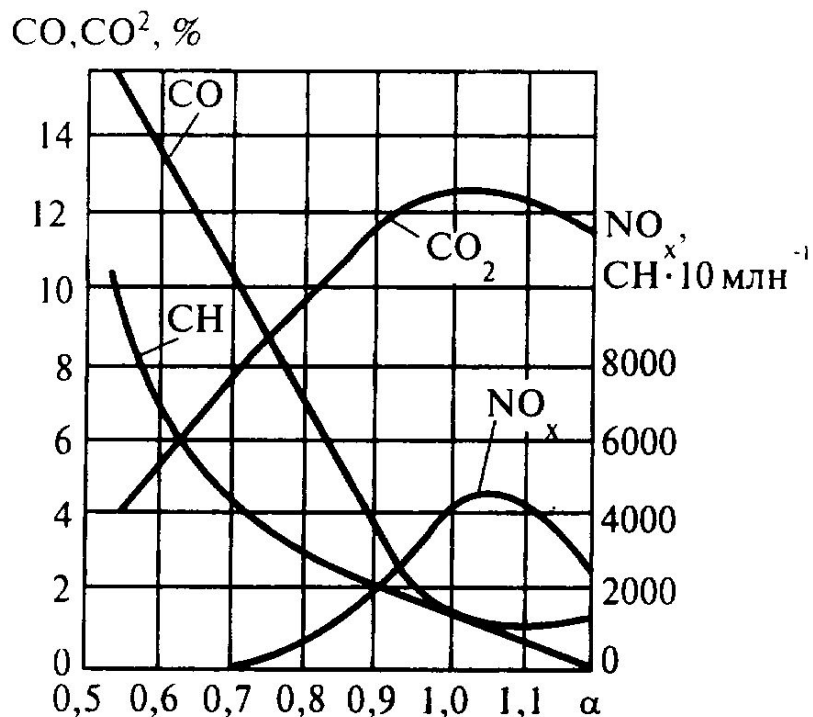
# Предельные нормы выбросов согласно стандартов Евро I-VI

Экологический стандарт	<u>Оксид углерода</u> (Оксид углерода(II) (CO))	<u>Углеводород</u>	<u>Летучие органические вещества</u>	<u>Оксид азота</u> (NO <sub>x</sub> )	HC+NO <sub>x</sub>	<u>Взвешенные частицы</u> (PM)
<b>Для дизельного двигателя</b>						
Евро-1	2.72 (3.16)	-	-	-	0.97 (1.13)	0.14 (0.18)
Евро-2	1.0	-	-	-	0.7	0.08
Евро-3	0.64	-	-	0.50	0.56	0.05
Евро-4	0.50	-	-	0.25	0.30	0.025
Евро-5	0.500	-	-	0.180	0.230	0.005
Евро-6	0.500	-	-	0.080	0.170	0.005
<b>Для бензинового двигателя</b>						
Евро-1	2.72 (3.16)	-	-	-	0.97 (1.13)	-
Евро-2	2.2	-	-	-	0.5	-
Евро-3	2.3	0.20	-	0.15	-	-
Евро-4	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Евро-5	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005**
Евро-6	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005**

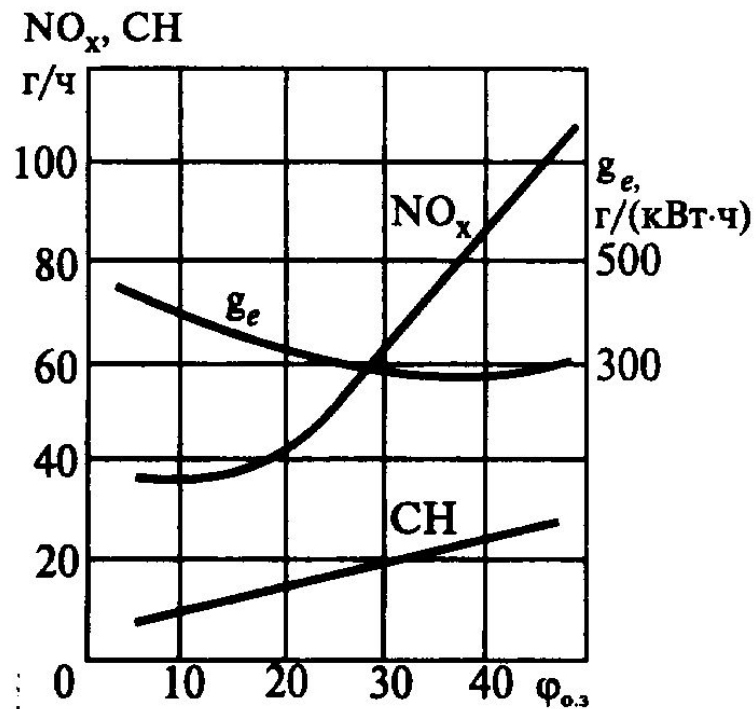


# Снижение токсичности отработавших газов двигателей с искровым зажиганием

## Влияние коэффициента избытка воздуха на состав отработавших газов

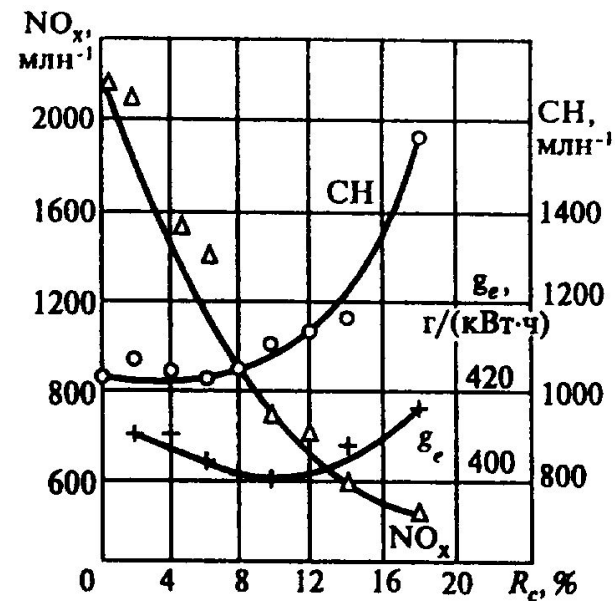
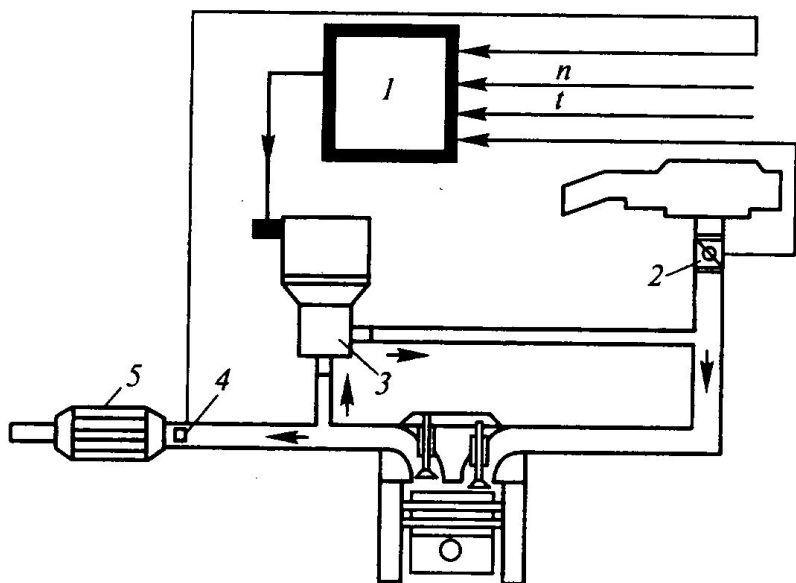


## Влияние угла опережения зажигания на состав отработавших газов



# Снижение токсичности отработавших газов двигателей с искровым зажиганием

Схема системы рециркуляции отработавших газов



Влияние степени рециркуляции отработавших газов на выброс  $NO_x$  и  $CH$

# Снижение токсичности отработавших газов двигателей с искровым зажиганием

## Зона эффективной работы трехкомпонентного нейтрализатора

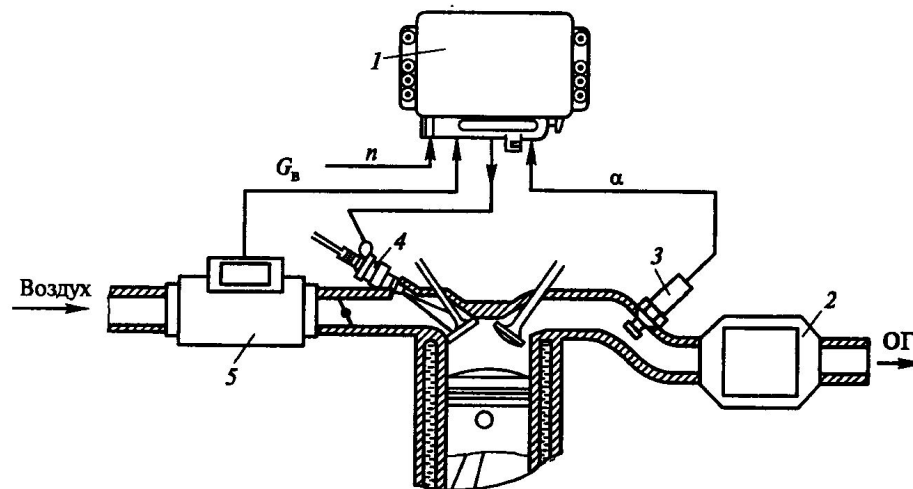
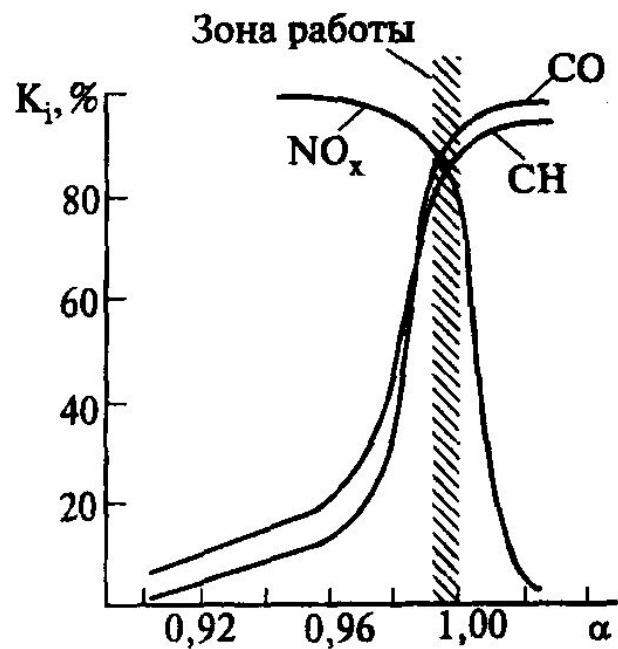
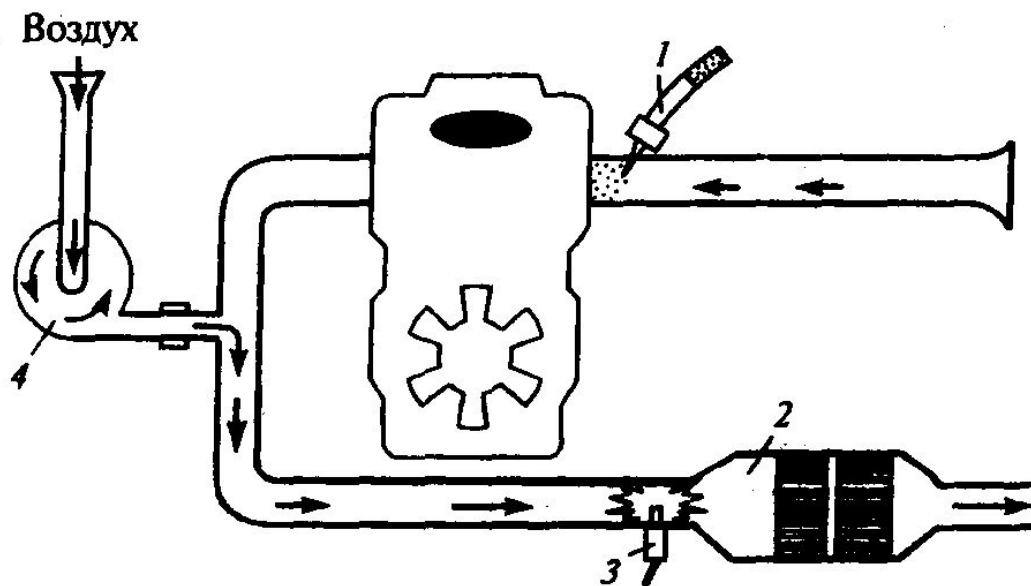


Схема управления топливopодачей по сигналу ЛЯМДА - зонды

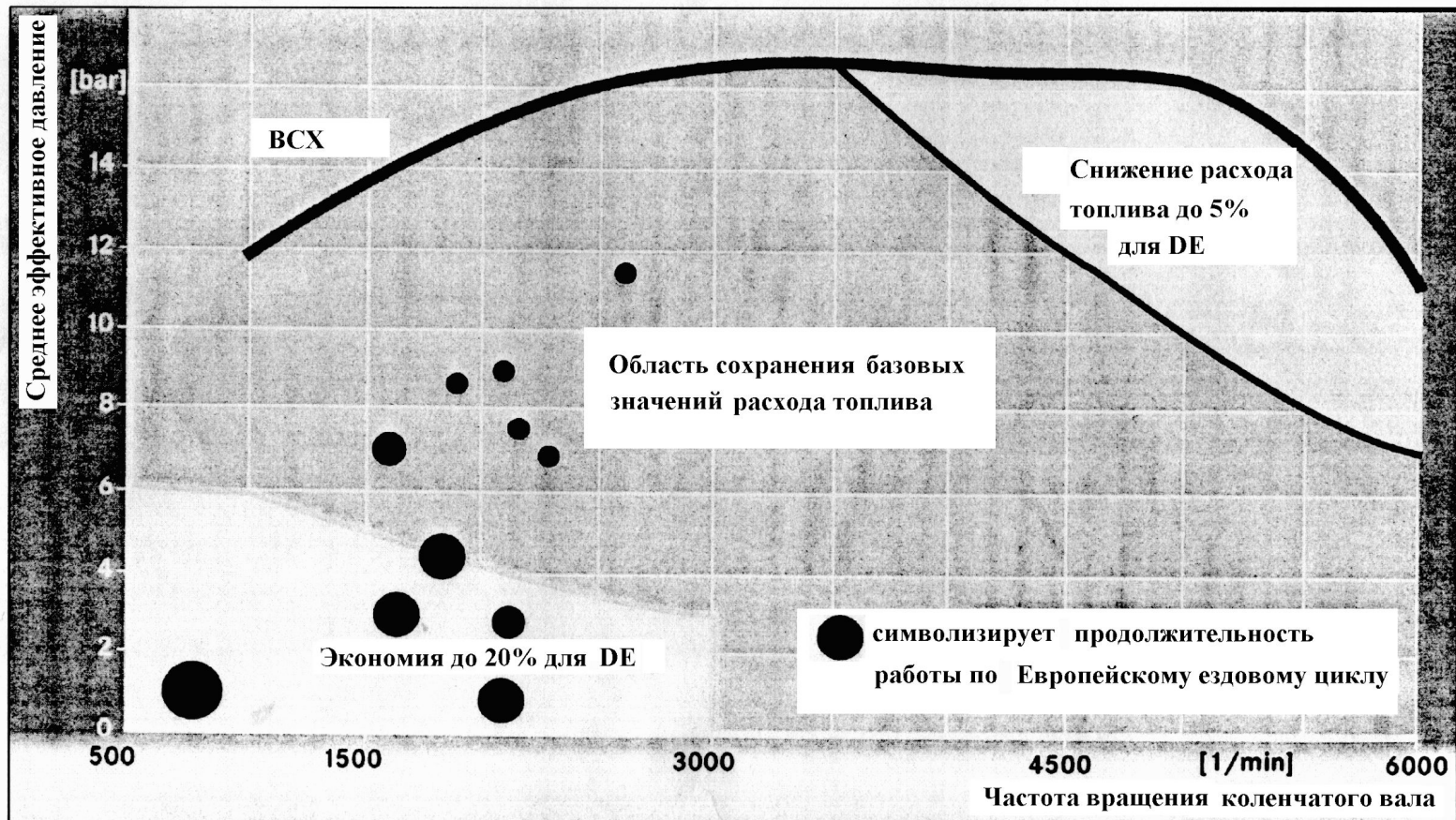
## Снижение токсичности отработавших газов двигателей с искровым зажиганием



Снижение выброс СН при пуске и прогреве двигателя

# Снижение токсичности отработавших газов двигателей с искровым зажиганием

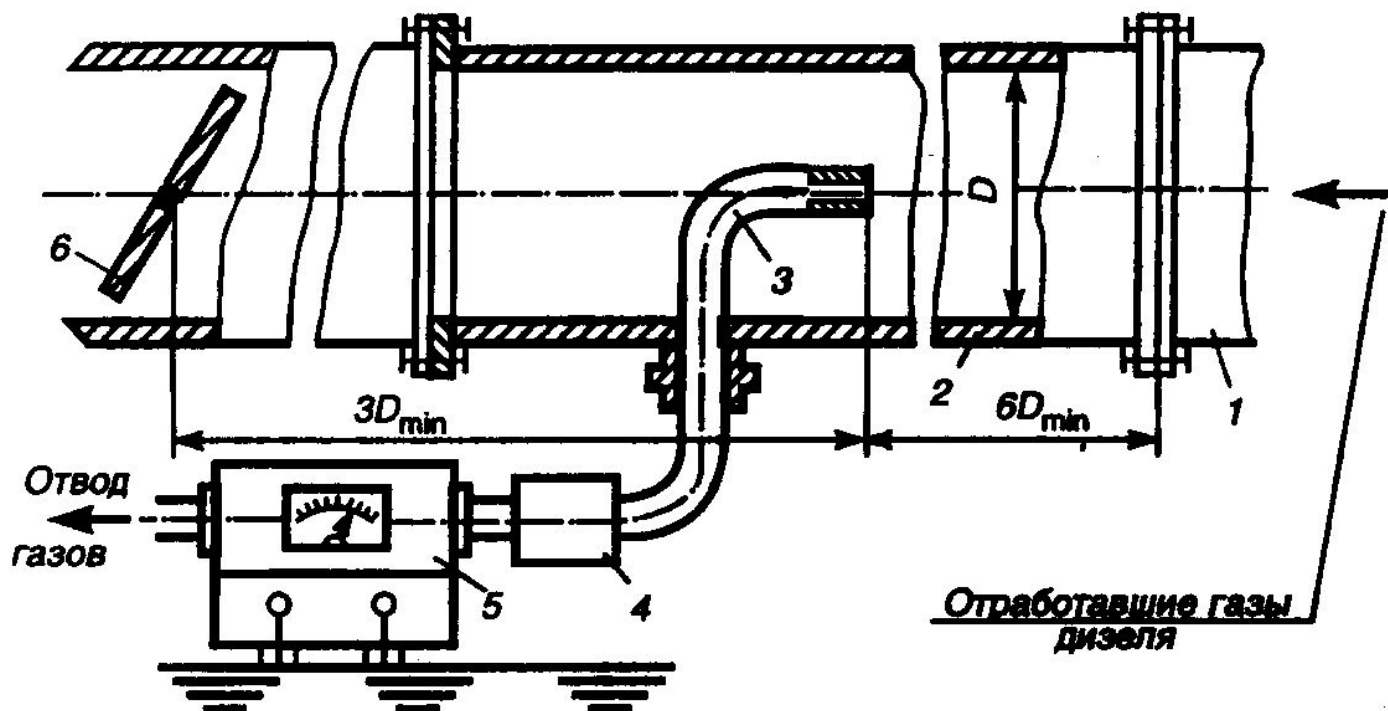
## Преимущества непосредственного впрыска



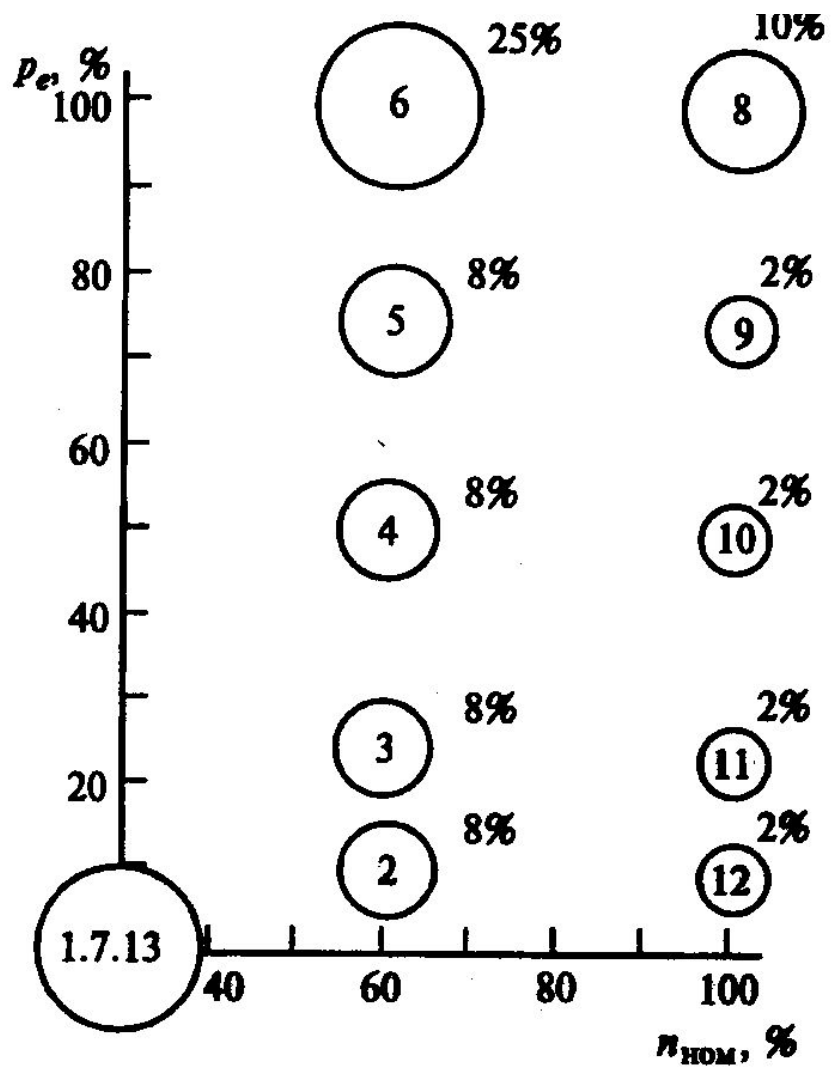
# Нормирование токсичности и дымности отработавших газов дизелей



# Контроль дымности отработавших газов при эксплуатации дизелей



# Стендовые испытания дизелей по 13-режимному циклу



13-режимный Европейский тест