

## ТРАНСПОРТ

---

УДК 656:502.17

МРНТИ 73.01.94

**В. Н. Кожанов<sup>1</sup>**, к.т.н., **Н. А. Баганов<sup>2</sup>**, к.т.н., **А. А. Петелин<sup>1</sup>**,  
**Т. Г. Бехтольд<sup>2</sup>**

Челябинская государственная агроинженерная академия<sup>1</sup>  
Костанайский инженерно-экономический университет  
им. М. Дулатова<sup>2</sup>

### ВЛИЯНИЕ ОТКЛЮЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯХ НА ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

---

Разработана методика и проведены экспериментальные исследования по определению токсичных компонентов в отработавших газах дизеля в стендовых и эксплуатационных условиях. Выявлены показатели зависимости токсичности и дымности отработавших газов при отключении цилиндров на различные режимы работы дизельного двигателя.  
**Ключевые слова:** токсичность, дымность, дизельный двигатель, отработавшие газы, отключение части цилиндров, транспорт.



Стенді және пайдалану жағдайындағы дизельдің жұмсалған газдарындағы уытты компоненттерді анықтау бойынша экспериментті зерттеулері өткізіліп, әдістемесі әзірленген. Дизельді қозғалтқыш жұмысының әр түрлі режимдерінде цилиндрлерді өшіру кезінде істеп шыққан газдардың уыттылығы мен түтіндігінің тәуелділігі алынды.  
**Түйінді сөздер:** уыттылық, түтінділік, дизельді қозғалтқыш, жұмсалған газдар, цилиндрлер бөліктерін өшіру.



The methodology is developed and experimental researches on determining the toxic components in the exhaust gases of diesel in bench and operating conditions are carried out. The dependences of toxicity and smokiness of exhaust gas when disabling of cylinders on various working modes of the diesel engine are received.

**Key words:** toxicity, smokiness, diesel engine, exhausts gases, disabling of cylinders' part, transport.

Автомобильный транспорт относится к основным источникам загрязнения окружающей среды. В крупных городах на долю автотранспорта приходится более половины объема вредных выбросов в атмосферу. В мегаполисах эта величина доходит до 70-90 %. Несоответствие транспортных средств экологическим требованиям при продолжающемся увеличении транспортных потоков приводит к постоянному росту вредных веществ в атмосферном воздухе, почве и водных объектах.

Проводимые мероприятия по уменьшению вредных выбросов в отработавших газах основываются на использовании в конструкциях и системах управления двигателей известных зависимостей между составом рабочей смеси и количеством вредных компонентов в отработавших газах (рис. 1) [1].

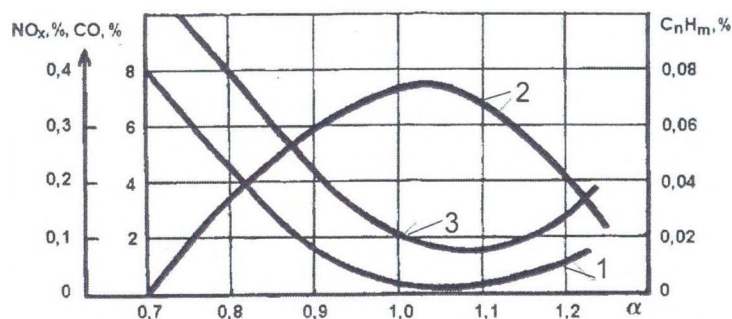


Рис. 1. Характеристика токсичных веществ в отработавших газах в зависимости от коэффициента избытка воздуха  $\alpha$ : 1 – угарный газ CO; 2 – окислы азота  $\text{NO}_x$ ; 3 – углеводороды  $\text{C}_n\text{H}_m$

Существующие топливные системы бензиновых и дизельных двигателей являются одними из главных и сложных составляющих систем двигателя, от которых зависят такие показатели, как динамичность, приемистость, экономичность, мощность и легкость пуска двигателя, а также токсичность отработавших газов. Нарушение работоспособности вышеуказанных показателей вызывает повышенный выброс токсичных компонентов в атмосферу, в которых содержатся канцерогенные вещества, отрицатель-

но влияющие на здоровье человека и окружающую среду, нарушающие рост растений, снижающие урожаи, потери в животноводстве. Поэтому задачи, направленные на повышение экологической безопасности дизельных двигателей, актуальны и важны. Тем более что достигнутый уровень конструктивного исполнения отечественных двигателей уступает аналогичным показателям лучших зарубежных моделей США, Европы и Японии. Особенно важным этот вопрос будет после вступления России в ВТО.

Проводимая в стране программа широкой дизелизации подвижного состава потребует защиты атмосферы от загрязнения токсичными ингредиентами отработавших газов дизельных двигателей. Одним из известных методов решения этих задач является использование приема отключения цилиндров на режимах малых нагрузок и холостого хода.

**Методы исследований.** Для подтверждения этого метода и получения новых результатов были проведены исследования на стенде КИ-5543 в соответствии с ГОСТ 185090-88 [2,3] по влиянию отключения части цилиндров дизельного двигателя на его экономические и экологические показатели. Измерение токсичных компонентов отработавших газов проводилось в соответствии с ГОСТ Р 51249-99 [4] газоанализатором "АВТОТЕСТ-02.03п". Измерения дымности отработавших газов выполнены в соответствии с ГОСТ 17.2.2.02-98 [5] на установившемся режиме. Испытания дизельного двигателя Д-240, используемого на тракторе МТЗ-82 в составе с транспортным агрегатом 2ПТС-4, были проведены в условиях, приближенных к транспортным работам, в соответствии с ГОСТ 23734-98 [6].

Параметры работы двигателя определяли при 3-х вариантах испытаний:

- исходного двигателя: двигатель: работал при всех включенных цилиндрах;
- с отключением только подачи топлива во 2-й и 3-й цилиндры двигателя;
- с отключением подачи топлива и привода клапанов 2-го и 3-го цилиндров двигателя (клапаны были постоянно закрыты).

Стенд, на котором проводились исследования (рис. 2), состоит из электрической балансирующей машины 2, соединенной с коленчатым валом двигателя внутреннего сгорания посредством карданного вала, регулировочного реостата 1, весового механизма с циферблатом 3. Системой измерения расхода топлива 4 и регистрирующих приборов частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры охлаждающей жидкости, масла и давления масла. Стенд оборудован устройством для замера расхода воздуха 6, 7 и температуры отработавших газов [2].

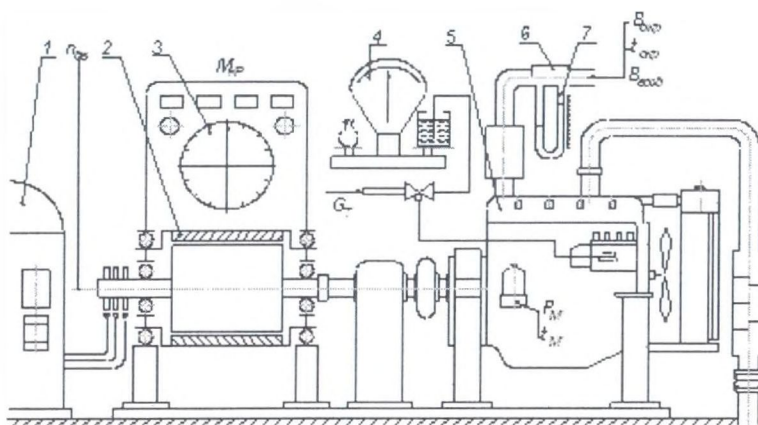


Рис. 2. Стенд для испытания : 1 – реостат; 2 – балансирующая машина; 3 – весовое устройство; 4 – весы; 5 – ДВС; 6 – мерное сопло; 7 – водяной манометр

Измерение токсичных компонентов отработавших газов проводилось в соответствии с ГОСТ Р 51249-99 [3] газоанализатором "АВТОТЕСТ-02.03п". Данная модификация газоанализатора (рис. 3) предназначена для одновременного определения содержания оксида углерода  $CO$ , углеводородов  $CH$ , окислов азота  $NO_x$  в отработавших газах дизельных двигателей автомобилей, тепловозов, морских и речных судов, а также в стационарных установках и сельскохозяйственных машинах.

Принцип действия прибора основан на измерении величины поглощения инфракрасного излучения источника молекулами углеводородов, диоксида углерода и оксида углерода в областях 3,4 и 4,7 мкм соответственно. Концентрация окислов азота определяется на основе электрохимической ячейки 3NF/F Nitric Oxide CITIcel.

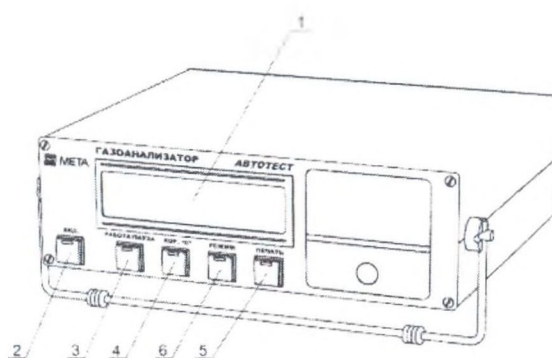


Рис. 3. Внешний вид прибора: 1 – индикатор; 2 – включение питания "ВКЛ"; 3 – "работа/пауза"; 4 – "корр. 0"; 5 – печать"; 6 – "режим".

Измерения дымности отработавших газов проводились в соответствии с ГОСТ 17.2.2.02-98 [4] на установившемся режиме. В приборе для измерения дымности ДО-1 (рис. 4) предусмотрены измеритель дыма, оптический детектор, детектор, установленный в выхлопную систему станда.

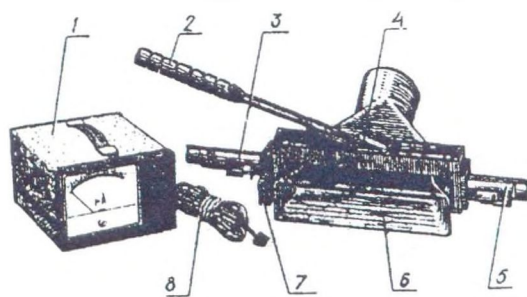


Рис. 4. Общий вид дымомера ДО-1: 1 – измеритель дыма; 2 – ручка; 3 – узел приемника; 4 – кронштейн; 5 – узел излучателя; 6 – детектор; 7 – оправа; 8 – соединительный кабель

Испытания дизеля Д-240, установленного на тракторе МТЗ-82 в составе с транспортным агрегатом 2ПТС-4, были проведены в условиях, приближенных к транспортным работам, в соответствии с ГОСТ 23734-98 [5], по тем же вариантам испытаний (рис. 5).

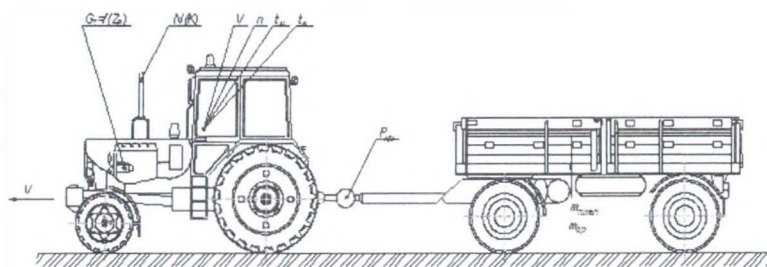


Рис. 5. Схема измерения оценочных параметров

В соответствии с целью, задачами экспериментальных исследований были выбраны методы замера, определены места установки датчиков, разработаны схемы измерений отдельных параметров. При этом замеряли параметры и использовались приборы и датчики, указанные в таблице.

**Измеряемые величины и измерительная аппаратура**

Измеряемая величина	Обозначение	Измерительная аппаратура	Погрешность
1	2	3	4
<b>Стендовые испытания</b>			
Часовой расход топлива, кг/ч	$G_T$	Весы, электронный секундомер	$\pm 0,005 G_{T \text{ ном}}$
Расход воздуха, кг/ч	$G_B$	Мерная диафрагма и водяной манометр	$\pm 0,02 G_{B \text{ ном}}$
Частота вращения коленвала, об/мин	$n$	Электронный тахометр типа ТЭСА	$\pm 11 \text{ мин}^{-1}$
Нагрузка на тормозе, кг	$P_T$	Весовой механизм	

Транспорт

Окончание таблицы

1	2	3	4
Температура масла, °С	$t_{\omega}$	Термометр сопротивления и логометр	± 3
Температура охлаждения жидкости, °С	$t_{\omega}$	—	± 3
Температура ОГ, °С	$t_{ог}$	Хромель-алюминиевая термопара и потенциометр	± 10
Температура окружающего воздуха, °С	$t_{окр}$	Хромель-копелевая термопара и потенциометр	± 1
Давление масла	$P_m$	Манометр типа МТР - 160	
Атмосферное давление, кПа	$B_{окр}$	Барометр-анероид БР-52	± 0,1
Дымность отработавших газов, %	$N(K)$	Дымомер ДО-1	± 2
Окислы углерода, %	СО	Газоанализатор многокомпонентный "АВТОТЕСТ-02.03п"	± 0,06
Углеводороды, ppm	СН		± 12 млн <sup>-1</sup>
Окислы азота, ppm	NO <sub>x</sub>		± 50 млн <sup>-1</sup>
<b>Эксплуатационные испытания</b>			
Часовой расход топлива, кг/ч	$G_T$	Весы, электронный секундомер	± 0,005 ГТ ном
Скорость движения ТТА, м/с	$V$	Приборы и датчики трактора	
Частота вращения коленвала, мин <sup>-1</sup>	$n$		± 11
Температура масла, °С	$t_m$		± 3
Температура охлаждения жидкости, °С	$t_{\omega}$		± 3
Усилие на крюке, кН	$P_{кр}$	Динамометр	0,05 Н
Дымность отработавших газов, %	$N(K)$	Дымомер ДО-1	± 2

Результаты экспериментального исследования позволяют заключить, что содержание оксида углерода (рис. 6) в отработавших газах при отключении подачи топлива во втором и третьем снижается за счет улучшения распыливания топлива, распределения его по объему камеры сгорания [7], так как увеличивается цикловая подача топлива.

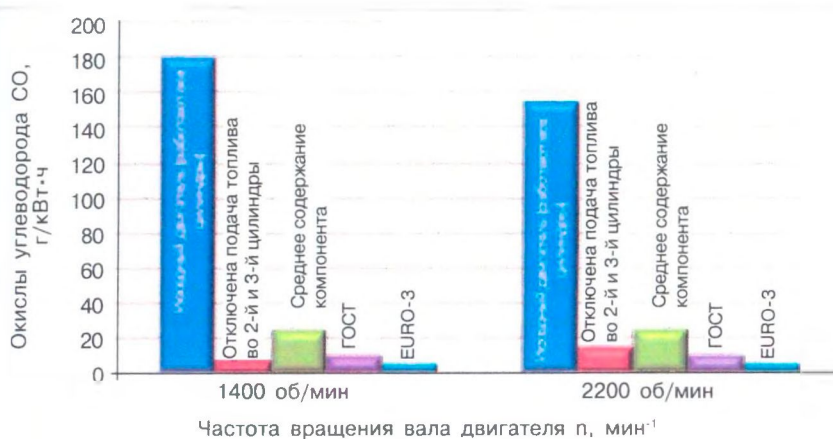


Рис. 6. Изменение оксида углерода на различных частотах вращения коленчатого вала двигателя

В соответствии с полученными данными по определению содержания углеводородов (рис. 7) в отработавших газах при отключении подачи топлива по сравнению с исходным двигателем установлено, что состав отработавших газов снижается более чем на 50 % сравнительно с токсичностью при работе на всех цилиндрах. Это обусловлено увеличением коэффициента избытка воздуха. Выделение оксидов азота в отработавших газах при отключении подачи топлива возрастает за счет повышения температуры в камере сгорания [7].

При отключении подачи топлива по сравнению с исходным двигателем дымность отработавших газов (рис. 8) на различных частотах вращения коленчатого вала уменьшается на 35 % главным образом вследствие увеличения коэффициента избыт-



Көлік

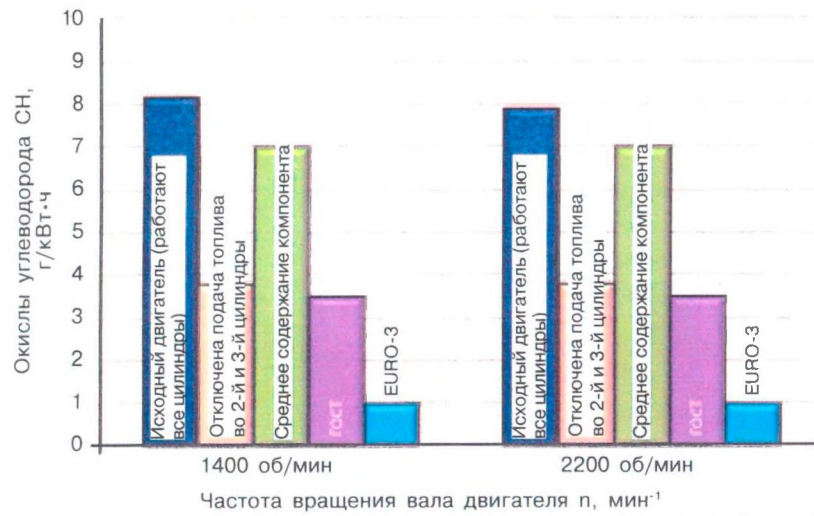


Рис. 7. Изменение углеводородов на различных частотах вращения коленчатого вала

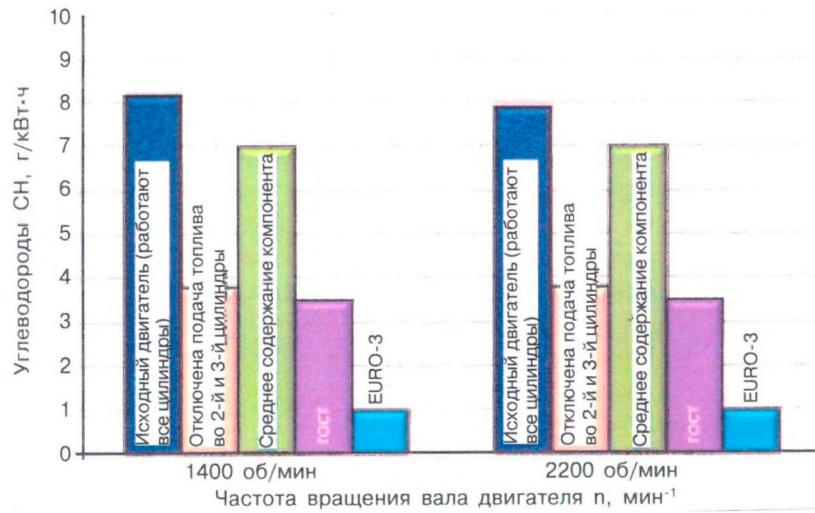


Рис. 8. Изменение дымности отработавших газов на различных частотах вращения коленчатого вала двигателя

ка воздуха. По варианту 3 величина дымности возрастает, что обусловлено отсутствием добавки воздуха в отработавшие газы вследствие закрытия клапанов 2-го и 3-го цилиндров. У варианта 3 по сравнению с вариантом 1 показатели ослабления светового потока снижаются, что вызвано уменьшением расхода топлива, улучшением полноты его сгорания [8].

#### **Выводы**

1. Анализ литературных источников показывает, что содержание токсичных компонентов в отработавших газах зависит от многих факторов и показателей: степени сжатия, давления и температуры наддува, от качества топливоподающей аппаратуры, вида и качества топлива. Наибольшее влияние на токсичность отработавших газов оказывает коэффициент избытка воздуха.

2. Содержание оксида углерода и углеводородов в отработавших газах при отключении подачи топлива в части цилиндров снижается на 90 и 50 % соответственно, что удовлетворяет требованиям ГОСТа и EURO-3.

3. Для снижения дымности отработавших газов достаточно отключать только подачу топлива в часть цилиндров двигателя, без закрытия клапанов. Дымность в этом случае снижается с 1,4 до 0,87 м<sup>-1</sup>, т.е. на 35 %.

#### **Литература**

1 Баганов Н.А. Обоснование и разработка эффективных систем технического диагностирования для мобильных машин сельскохозяйственного назначения: автореф. дис. канд. наук. - Челябинск, 2002. - 30 с.

2 ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний.

3 Суркин В. И., Малышев А. Ф., Курчатов Б. В. Лабораторный практикум по испытанию ДВС: учеб. пособие. - Челябинск: ЧГАА, 2010. - 92 с.

4 ГОСТ Р 51249-99. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения.

5 ГОСТ 17.2.2.02-98. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы определения дымности отработавших газов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.

6 ГОСТ 23734-98. Тракторы промышленные. Методы испытаний.

7 Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И. Токсичность отработавших газов дизелей / 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ, 2002. - 376 с.

8 Суркин В. И., Петелин А. А., Федосеев С. Ю. Определение дымности отработавших газов дизеля при отключении части его цилиндров // Изв. Самарской гос. с.х. акад. - 2012. - Вып. 3. - С. 50-55.