

## О РАСХОДЕ КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ БЫСТРОХОДНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Гаврилов А.А., Морозов В.В., Сысоев С.Н.

*ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, Россия (600000, г. Владимир, ул. Горького, 87), e-mail: hotz@mail.ru*

Проведен анализ расхода картерных газов серийного тракторного дизеля 2Ч 10,5/12 и факторов, влияющих на величину расхода на основании моторных стендовых испытаний. Показано, что массовая величина расхода картерных газов может достигать свыше 20 г/ч при желательном производителями двигателей – не более 0,5 г/ч. Дизели большой мощности 280–450 кВт имеют объемный расход картерных газов 140–300 л/мин на режиме номинальной нагрузки, что в 4 раза больше расхода на режиме холостого хода. Расход картерных газов увеличивается в течение всего срока службы дизеля. В связи с принимаемыми в настоящее время мерами по снижению выброса вредных веществ в атмосферу необходимо при проектировании новых и модернизации выпускаемых дизелей использовать закрытую вентиляцию картера. На основании проведенных исследований даны рекомендации по снижению выброса картерных газов.

Ключевые слова: картерные газы, расход, вредные вещества.

## ABOUT CHARGE COMBUSTION GASES OF HIGH-SPEED DIESEL ENGINES

Gavrilov A.A., Morozov V.V., Sysoev S.N.

*Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia (600000, Vladimir, Gorky street, 87), e-mail: hotz@mail.ru*

The analysis of the charge combustion gases of a serial tractor diesel engine 2Ч 10,5/12 is lead and the factors influencing size of the charge by results of motor bench tests. It is shown, that the mass size of the charge combustion gases can reach some gases from above 20 g/h at desirable manufacturers of engines – no more than 0,5 g/h. High-power diesel engines (from 280 up to 50 kw) have the big volumetric charge combustion gases 140–300 l/mines on a mode of rated power, that in 4 times there is more than charge on a mode of idling. The charge combustion gases increases during all service life of a diesel engine in process of deterioration of details. . In this connection measures accepted now on decrease in emission of harmful substances in an atmosphere with the fulfilled gases of diesel engines, demand at designing new and modernizations of let out diesel engines to use the closed ventilation trunk. Based on the research recommendations to reduce emissions of crankcase gases.

Key words: carter gases, the charge, harmful substances.

На величину расхода картерных газов дизелей (особенно тракторных, работающих в более тяжелых условиях, чем автомобильные) влияют многочисленные факторы, основными из которых являются [5]:

- конструкция двигателя (форма камеры сгорания, тип охлаждения, топливная аппаратура и др);
- нагрузка двигателя (на каких режимах работает дизель);
- частота вращения коленчатого вала;
- особенность конструкции цилиндро-поршневой группы;
- состояние и конструкция поршневых колец;
- тепловое состояние двигателя;
- параметры окружающей среды и др.

Массовая величина расхода картерных газов на двигателях может достигать 20 г/ч в зависимости от условий их работы и конструктивных особенностей. Желательный уровень расхода, рекомендуемый производителями двигателей, не более 0,5 г/ч. Иначе это отражается на загрязнении газоздушного тракта, а в двигателях с турбонаддувом – на состоянии агрегата наддува и теплообменника.

В табл. 1 показаны массовый и объемный расходы картерных газов для режимов номинальной мощности и холостого хода современного быстроходного дизеля.

**Таблица 1 – Массовые и объемные расходы картерных газов**

<b>Мощность двигателя, кВт</b>	<b>280–450</b>
Массовый расход картерных газов на режиме номинальной мощности, г/ч	5–10
Объемный расход картерных газов на режиме номинальной мощности, л/мин	140–300
Массовый расход картерных газов на режиме х.х., г/ч	0,7–5,0
Объемный расход картерных газов на режиме х х., л/мин	40–120

Дизели мощностью 280–450 кВт имеют объемный расход картерных газов 140–300 л/мин на режиме номинальной нагрузки, что в 4 раза больше расхода на режиме холостого хода. Количество прорывающихся газов постоянно увеличивается в течение всего срока службы двигателя из-за износа поршневых колец и цилиндра. Отмечены случаи восьмикратного увеличения объемного расхода картерных газов от начального количества и достижения уровня выше 1120 л/мин [1]. Это влияет на экологические показатели дизеля [2], особенно при работе его на режимах, близких к номинальному, что свойственно тракторным дизелям.

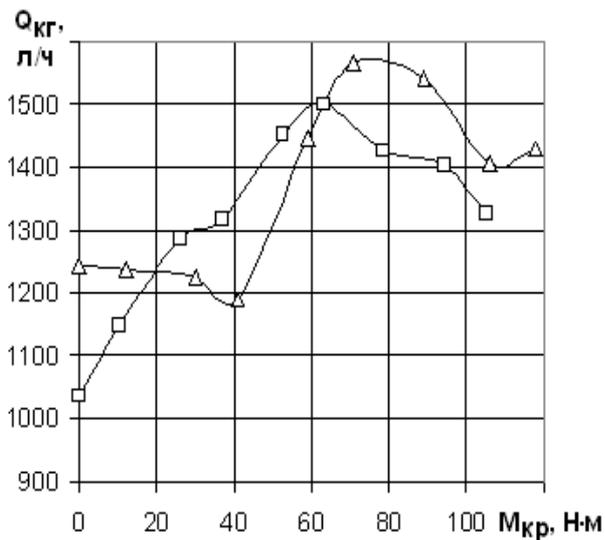
До 1970 года считалось, что долю выбросов вредных веществ из картера дизеля можно не принимать во внимание, так как уровень их по отношению к компонентам вредных выбросов составлял около 2% углеводорода (СН), 0,2% угарного газа (СО) и 0,05% окислов азота NOx от всех выбросов из двигателя. В настоящее время в связи с большими работами выбросы вредных веществ из выпускной трубы дизелей существенно уменьшились. Это произошло за счет применения каталитических нейтрализаторов отработавших газов (ОГ), системы рециркуляции ОГ и противосажевых фильтров, а также совершенствования рабочего процесса. В то же время уровень выброса картерных газов в дизелях практически остался постоянным. Поэтому доля выбросов картерных газов стала более весомой и может достигать 0,95 г/кВт ч (все компоненты) при различных состояниях двигателя, в том числе и на новых моделях [5].

На ОАО «ВМТЗ» в 2007 г. были проведены исследования штатной системы вентиляции картера серийного дизеля Д120 с целью определения количества прорывающихся газов из надпоршневого пространства в картер двигателя. Испытания показали, что на объемный расход картерных газов существенное влияние оказывает нагрузка двигателя (рис. 1). Максимальный расход имеет место на средних нагрузках и составляет 1500 л/ч при 2000 мин<sup>-1</sup> и 1570 л/ч при 1500 мин<sup>-1</sup>.

Кроме того, было установлено, что на одном и том же режиме время расхода одного и того же объема картерных газов изменяется в процессе эксперимента. Например, время расхода 5 л на режиме 100% нагрузки  $t_{5л}$  за время эксперимента  $t_{сум}$  может изменяться на 5–8 с (рис. 2).

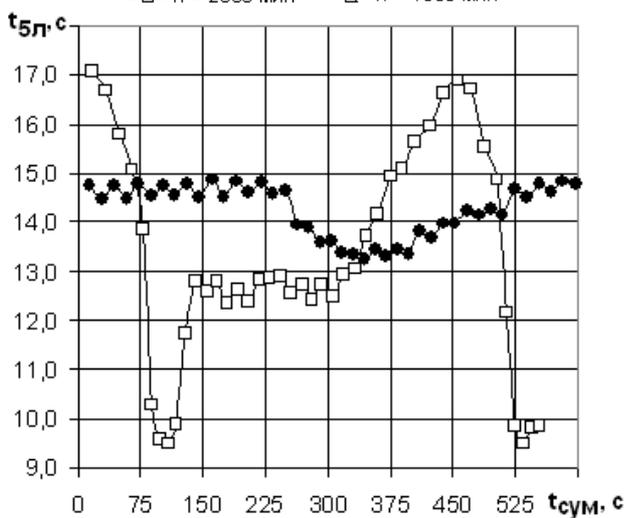
В ходе эксперимента было определено, что при изменении нагрузки при 2000 мин<sup>-1</sup> и 1500 мин<sup>-1</sup> нестабильность расхода картерных газов ( $\Delta$ , %) относительно средней величины находится в диапазоне  $\pm 15\%$  и  $\pm 30\%$  соответственно (рис. 3).

Для снижения выброса картерных газов при работе дизеля необходимо разработать закрытую систему вентиляции картера. Однако применение на дизеле ее, предполагающей перепуск картерных газов во впускной трубопровод, приведет к определенным изменениям характера процессов, происходящих во впускной системе и цилиндре при сгорании топливовоздушной смеси. Поэтому необходимо разработать математическую модель и составить программу расчета цикла дизеля 2Ч10,5/12 с перепуском картерных газов во впускной трубопровод. Учитывая различную степень запыленности воздухоочистителей, с помощью программы можно будет определять текущие показатели, средние за цикл и в выбранный промежуток времени как в массовых, так и в объемных единицах измерения.



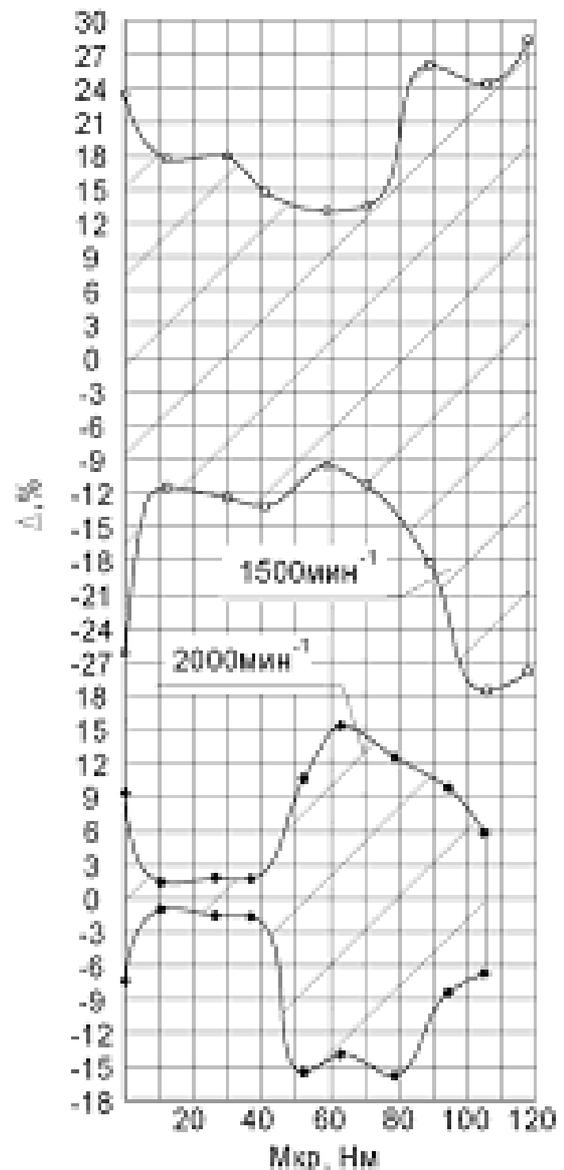
**Рис. 1. Расход картерных газов в зависимости от нагрузки дизеля**

—□— n = 2000 мин<sup>-1</sup> —△— n = 1500 мин<sup>-1</sup>



**Рис. 2. Стабильность расхода 5 л картерных газов при 100%-ной нагрузке дизеля**

—●— n = 2000 мин<sup>-1</sup> —□— n = 1500 мин<sup>-1</sup>



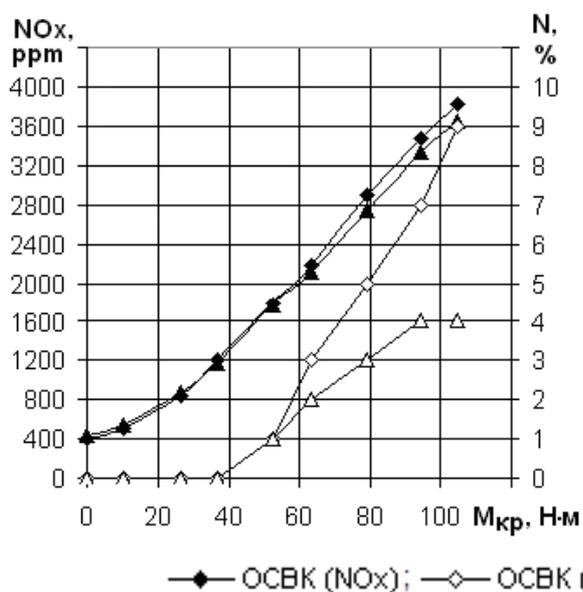
**Рис. 3. Нестабильность времени расхода 5 л картерных газов в зависимости от нагрузки дизеля при n=2000 мин<sup>-1</sup> и n=1500 мин<sup>-1</sup>**

В ближайшее время ожидается выпуск стандарта SAE (Society of Automotive Engineers) и ISO (International Organization for Standardization) на нормирование выбросов из картера. На основании этих документов EPA (Environmental Protection Agency) предложило обязать производителей дизелей прекратить использовать открытые системы вентиляции картера (ОСВК) и перейти на закрытые системы (ЗСВК). В Японии уже изданы JAMA (Japan Automobile Manufacturers Association, Inc.) нормы, требующие использовать ЗСВК.

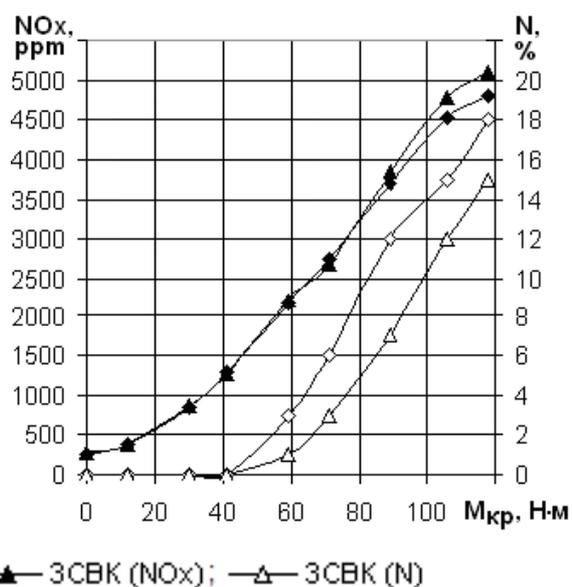
В настоящее время некоторые американские и европейские производители двигателей добровольно устанавливают ЗСВК на производимые дизели для грузовых автомобилей и внедорожной техники, как средство, делающее работу двигателя менее токсичной [2].

На ОАО «ВМТЗ» проведены сравнительные испытания серийного дизеля Д120 с перепуском картерных газов обратно в цилиндры и без перепуска. Установлено заметное влияние перепуска на дымность ОГ при  $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$  (рис. 4, где нанесена кривая изменения концентрации оксидов азота). Дымность N ОГ уменьшилась в 2,1 раза при нагрузке двигателя свыше 60%.

Аналогичный характер зависимости дымности и выбросов NOx имеет место и при частоте вращения коленчатого вала  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$  (рис. 5). Дымность N ОГ уменьшается в 1,17 раза при нагрузке двигателя свыше 60%.

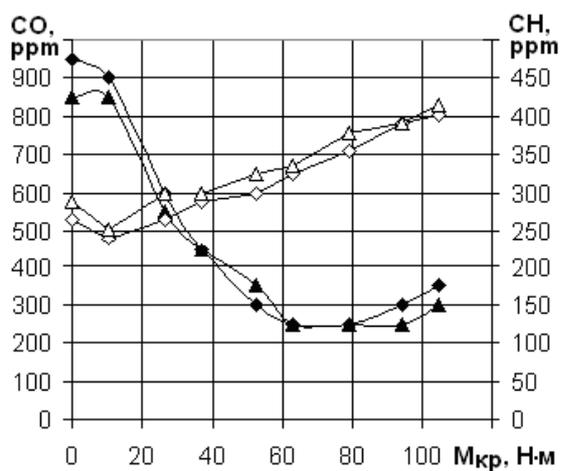


**Рис. 4. Зависимость концентрации NOx и дымности ОГ N от нагрузки двигателя при  $n=2000 \text{ мин}^{-1}$  с ОСВК и ЗСВК.**



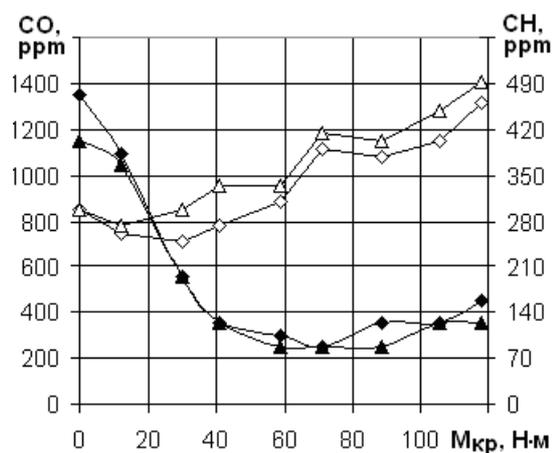
**Рис. 5. Зависимость концентрации NOx и дымности ОГ N от нагрузки двигателя при  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$  с ОСВК и ЗСВК.**

Зависимость выбросов углеводородов CH и оксида углерода CO от нагрузки при  $n=2000 \text{ мин}^{-1}$  и  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$  приведена на рис. 6 и 7.



—◆— ОСВК (СО); —◇— ОСВК (СН); —▲— ЗСВК (СО); —△— ЗСВК (СН)

**Рис. 6. Зависимость концентрации СО и СН в ОГ от нагрузки двигателя при  $n=2000 \text{ мин}^{-1}$  с ОСВК и ЗСВК.**



**Рис. 7. Зависимость концентрации СО и СН в ОГ от нагрузки двигателя при  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$  с ОСВК и ЗСВК.**

Исходя из результатов испытаний, можно сделать вывод, что перепуск картерных газов снижает дымность дизеля, а степень влияния на такие экологические показатели, как СО, СН и  $\text{No}_x$ , несущественна, поскольку они незначительно отличаются от показателей дизеля без перепуска картерных газов.

Теории расчета расхода картерных газов через систему вентиляции, обеспечивающей приемлемое совпадение с результатами эксперимента, не существует. Объясняется это, прежде всего, трудностями аналитического определения количества прорывающихся газов через поршневую группу, а также сложностью процессов перемешивания этих газов с масляным туманом в картерной части двигателя и последующей эвакуации образующейся смеси [3].

В работах [6; 7] предложена эмпирическая зависимость для приблизительной оценки расхода картерных газов  $Q$  двигателем на режиме максимальной мощности:

$$Q = N_e / k, \text{ л/мин,}$$

где  $N_e$  – номинальная мощность двигателя, л.с.;  $k$  – коэффициент пропорциональности, равный  $3,54 \text{ л.с.ч/м}^3$ .

Расчеты, выполненные по этой формуле, показали, что погрешность может достигать 16% [4].

В связи с этим потребуются разработка математической модели цикла дизеля с закрытой системой вентиляции картера, предполагающей перепуск картерных газов во впускной трубопровод.

## **Список литературы**

1. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. – М. : Химия, 1979. – 240 с.
2. Волков М.Ю. Влияние перепуска картерных газов во впускной тракт на экологические показатели дизеля // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А.Н. Гоца. Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2008. – С. 128-131.
3. Волков М.Ю. О системах вентиляции картера дизеля для легковых автомобилей и внедорожной техники // Материалы докладов XV Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». – М. : Изд. МГУ, 2008. – С. 23-24.
4. Волков М.Ю. Рециркуляция картерных газов во впускной тракт дизеля // Известия вузов. Серия «Машиностроение». – 2008. – № 10. – С. 23-24.
5. Волков М.Ю., Гаврилов А.А. Расход картерных газов быстроходных дизелей // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А.Н. Гоца. Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2008. – С. 126-128.
6. Волков М.Ю., Гаврилов А.А., Гоц А.Н. Математическая модель цикла дизеля с закрытой системой вентиляции картера // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А.Н. Гоца. Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2010. – С. 98-100.
7. Тракторные дизели : справочник / Б.А. Взоров, А.А. Адамович, А.Г. Арабян и др. ; под общ. ред. Б.А. Взорова. – М. : Машиностроение, 1981. – 535 с.

## **Рецензенты**

Житников Б.Ю., д.т.н., профессор кафедры специальной техники и информационных технологий ФКОУ ВПО «ВЮИ ФСИН России», г. Владимир.

Кульчицкий А.Р., д.т.н., профессор, заместитель главного конструктора по испытаниям ООО «Владимирский моторо-тракторный завод», г. Владимир.