

УДК 621.436

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

А.В. Новиков,

профессор каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Ю.И. Томкунас,

доцент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В.Н. Кецо,

ст. преподаватель каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ

А.А. Гончарко,

ст. преподаватель каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ

В статье рассмотрены вопросы оценки технического состояния дизельного двигателя трактора по дымности отработавших газов.

Ключевые слова: дымность, сажа, дизельный двигатель трактора, дымомер, токсичность, диагностика.

The evaluation questions of the technical condition of the diesel tractor's engine for smoke exhaust gases are considered in the article.

Keywords: smoke, soot, diesel tractor's engine, opacimeter, toxicity, diagnosis.

Введение

Увеличение машинно-тракторного парка (МТП) страны, оснащенного дизельными двигателями, приводит к повышению выбросов токсичных компонентов отработавших газов (ОГ), что отрицательно воздействует на окружающую среду.

С ростом нагрузки на двигатель внутреннего сгорания (ДВС) концентрация оксидов азота (NO_x) возрастает и имеет наибольшее значение при максимальной нагрузке. На режимах высокой нагрузки они повышаются более резко, так как с увеличением использования мощности ДВС и уменьшенным коэффициентом избытка воздуха происходит неполное сгорание топлива, что способствует образованию (NO_x).

Концентрация токсичных компонентов в ОГ при повышении нагрузки на двигатель возрастает с 0,006 до 0,038 г/м³, т.е. выбросы СН при максимальной мощности в 6 раз больше, чем при минимальной нагрузке [1].

Такая зависимость объясняется увеличением расхода топлива и повышением количества углеводородов, выделяющихся при сгорании топлива в камере сгорания.

Помимо сажи, в состав ОГ входят другие твердые вещества, такие как сульфаты (соли оксида серы), которые образуются при сгорании серы и ее соединений, содержащихся в топливе и масле.

Кроме того, в ОГ дизельных двигателей присутствуют твердые частицы, образующиеся в результате горения масла, попадающего в камеру сгорания, а также металлы – сталь, чугун, цинк, медь и их оксиды

– продукты износа деталей двигателя и компоненты присадок топлива [2,3].

Таким образом, повышенная дымность свидетельствует о нарушениях процесса сгорания в цилиндрах дизеля и снижения его показателей.

Цель работы – оценка технического состояния дизельного двигателя при проведении технического обслуживания.

Основная часть

Общеизвестно, что эксплуатация автотракторной техники связана с выбросом с ОГ токсичных компонентов, загрязняющих атмосферу. Сегодня снижение выбросов токсичных компонентов тракторами и автомобильным транспортом – одна из приоритетных задач научных организаций, правительства и бизнеса.

На тракторах и автомобилях широко используются дизельные двигатели, поэтому остро стоит вопрос защиты атмосферы от вредных компонентов, выбрасываемых с ОГ дизелей. При сгорании 1 кг дизельного топлива выделяется около 80-100 г токсичных компонентов: 20-30 г монооксида углерода; 20-40 г оксидов азота; 4-10 г углеводородов; 10-30 г оксидов серы; 0,8-1 г альдегидов; 3-5 г сажи и др. Значительное количество тяжелых канцерогенных ароматических углеводородов адсорбируется на твердых частицах (саже).

Выбрасываемые автотракторными дизелями ОГ представляют собой сложную многокомпонентную смесь газов, паров, капель жидкостей и твердых дисперсных частиц. При работе дизеля можно увидеть

дым различной окраски, которая зависит от компонентов, входящих в его состав.

Дымностью можно назвать оптическую непрозрачность ОГ, которая вызвана наличием в них сажи, механических частиц, находящихся во взвешенном состоянии, несгоревших паров и капель топлива, масла и других аэрозолей [4]. Размеры содержащихся в дыме твердых частиц достигают 0,1 мкм. В связи с этим, основным токсичным компонентом дизеля считается дымность, обусловленная образованием сажи. В странах Европы в настоящее время действуют нормы выбросов сажи, приведенные в табл. 1.

Таблица 1. Нормы выбросов сажи, действующие в странах Европы

Нормы	Дата введения	Сажа, РМ, (г/км)	Дымность, К, м ⁻¹
Евро-3	Октябрь 2000 г.	0,1	0,8
Евро-4	Октябрь 2005 г.	0,02	0,5
Евро-5	Октябрь 2008 г.	0,02	0,5

Проблема выброса токсичных компонентов с ОГ становится все актуальнее, поскольку с увеличением количества автомобилей и тракторов возрастает загрязнение воздушных бассейнов. В связи с этим требуется внедрение в отечественное двигателестроение различных методов снижения токсичности ОГ авто-тракторных дизелей. Разработка принципиально нового экологически чистого и в то же время высокоэкономичного дизеля связана с глубокими и длительными исследованиями.

На сегодняшний день существует несколько направлений уменьшения вредных выбросов с ОГ дизелей. Среди них можно выделить три основных [2,3]:

- воздействие на рабочий процесс двигателя;
- очистка ОГ в выпускной системе двигателя;
- применение альтернативных видов топлива.

Каждое направление предполагает несколько способов снижения токсичности, которые могут дополнять друг друга. На рис. 1 представлены способы снижения токсичности ОГ дизелей.

Для дизелей характерным показателем технического состояния и правильности регулировок систем топливоподачи и газообмена являются величина непрозрачности и цвет ОГ. Цвет отработавших газов – параметр качественный и в стандартах не регламентируется, однако учет данного фактора позволяет достаточно верно оценить техническое состояние как двигателя в целом, так и отдельных агрегатов.

Различают три цвета отработавших газов:

- черный цвет свидетельствует о большой неполноте сгорания топлива, что может быть следствием недостатка возду-

ха, поступающего в цилиндры двигателя, либо следствием избыточной подачи топлива в камеру сгорания двигателя;

- сизый цвет свидетельствует о попадании в камеру сгорания двигателя избыточного количества смазочного масла, что может быть следствием износа деталей цилиндропоршневой группы или же следствием залегания колец;

- белый цвет свидетельствует либо о низкой температуре процесса сгорания топлива, что обычно бывает в период прогрева двигателя, особенно в холодное время года, либо это является следствием изменения угла опережения впрыска топлива в сторону увеличения.

На практике причин повышенной дымности ОГ бывает очень много, причем необходимо учитывать и режимы, на которых наблюдается превышение дымности ОГ допустимого уровня.

Повышенная дымность ОГ на режиме свободного ускорения может быть следствием избыточного сопротивления воздушного фильтра, частичного закоксовывания сопловых отверстий распылителей, увеличения зазора между торцом клапана и бойком коромысла в клапанном механизме.

Повышенная дымность на режиме максимальных оборотов холостого хода может быть следствием из-

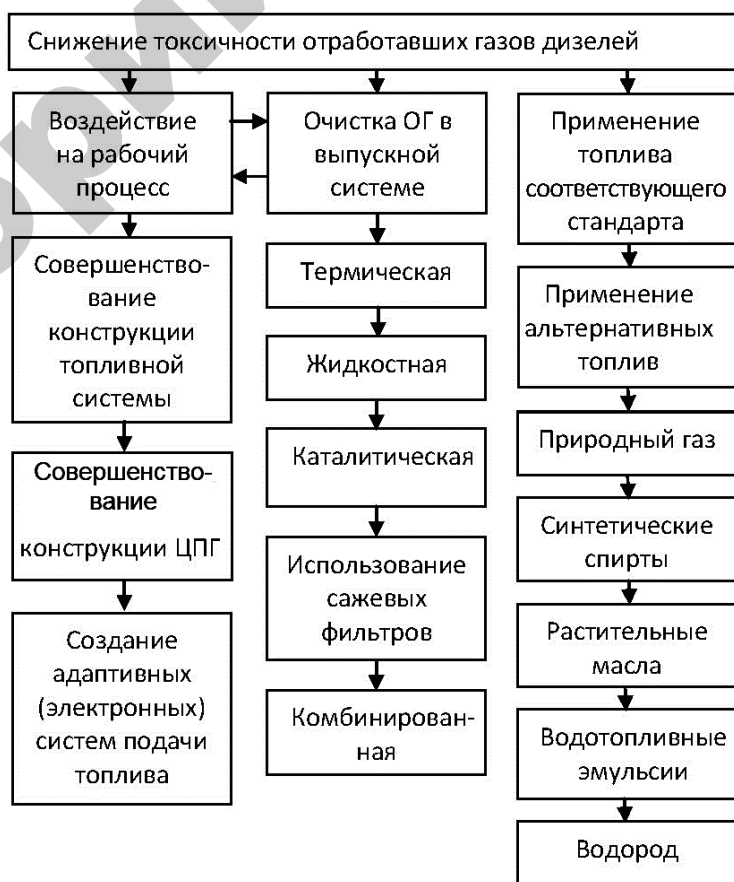


Рисунок 1. Способы снижения токсичности ОГ дизелей

быточной неравномерности цикловой подачи по цилиндрам, уменьшения давления начала впрыска топлива форсункой, попадания масла в камеру сгорания за счет износа деталей цилиндропоршневой группы, залегания колец, износа стержней впускных и выпускных клапанов.

Повышенная дымность ОГ на указанных выше режимах может быть следствием уменьшения угла опережения впрыска топлива, несрабатывания автоматической муфты опережения впрыска топлива, повышенной номинальной частоты вращения коленчатого вала, уменьшения зазора в клапанном механизме, потери компрессии двигателя вследствие нагара на поршневых кольцах или негерметичности прокладок между блоком цилиндров и головкой блока и т.д.

Измерение дымности двигателей тракторов, самоходных сельскохозяйственных и других машин проводят согласно требованиям ГОСТ 17.2.2.02-98 [5] дымомерами «Мета-01-МП»; «Смог-1М-01»; МД-01 и др. Дымомер «Мета-01-МП» [6] и его модификации по сравнению с другими дымомерами имеют наименьшие габариты и массу, к тому же они могут работать в широком диапазоне температуры окружающего воздуха (от -20 до +50°C) в комплекте с линией связи с распечаткой протокола на принтере через компьютер или же напрямую малогабаритным принтером. Принцип действия основан на оценке значения поглощения светового потока, прошедшего через вещества, при просвечивании его источником излучения.

При измерении пользуются следующими показателями:

K – показатель ослабления светового потока, численно равный доле поглощенного и рассеянного в слое единичной толщины вещества, m^{-1} ;

N – коэффициент ослабления светового потока в процентах от полного поглощения, %.

Анализ технических возможностей существующих дымомеров позволяет сделать следующие выводы:

– для стационарных постов и передвижных лабораторий рекомендуется использовать дымомеры «Мета-01 МП», «Смог-1М-01», «МД-01»;

– для переносных комплектов (для инспекторов Гостехнадзора) рекомендуется использовать дымомер «Мета-01 МП» с малогабаритным принтером.

Результаты измерений представляются в единицах натурального показателя ослабления (коэффициента поглощения в m^{-1}) и в единицах коэффициента ослабления (%), по ГОСТ 17.2.2.02-98 и Правилами №24 ЕЭК ООН.

Измерения проводятся дымомерами, отвечающими требованиям ГОСТ 21393-75 [7] в двух режимах:

– свободного ускорения коленчатого вала;

– максимальных оборотов коленчатого вала.

Измеренная дымность не должна превышать значений, указанных в табл. 2.

Нормы дымности дизелей, тракторов и машин конкретных марок устанавливают в

зависимости от условного объемного расхода воздуха Q_B , который для большинства дизелей приведен в источниках [7, 8].

Условный объемный расход воздуха через цилиндры дизеля (Q_B в m^3/c) рассчитывается по формуле:

$$Q_B = \frac{iV_h n}{30\tau},$$

где i – число цилиндров дизеля;

V_h – рабочий объем цилиндров, dm^3 ;

n – частота вращения коленчатого вала дизеля, $мин^{-1}$;

τ – тактность дизеля.

При округлении условного расхода воздуха на режиме свободного ускорения следует иметь в виду, чтобы частота вращения коленчатого вала дизеля была номинальной.

Измерение на режиме свободного ускорения следует производить при 10-кратном повторении цикла частоты вращения коленчатого вала дизеля от минимальной (n_{XXmin}) до максимальной (n_{XXmax}) быстрым и плавным нажатием педали подачи топлива до упора с интервалом не более 15 с. Измерение показателей проводят при последних четырех циклах по максимальному отклонению стрелки прибора.

Измерение на режиме максимальной частоты вращения вала должно проводиться не позднее чем через 60 с. после испытаний на режиме свободного ускорения. Измерения проводят при плавном нажатии на педаль подачи топлива при стабилизации показаний прибора, но не реже чем через 30 с. после пуска газа в прибор. Колебания стрелки прибора не должно превышать $\pm 3\%$ от всей шкалы прибора. За результат измерения следует принимать среднее арифметическое значение, определенное по крайним показателям.

Значение дымности на каждом из установившихся режимов и на режиме свободного ускорения не должно быть больше норм, указанных в источниках [7, 8].

Значения дымности дизелей, имеющих отключаемый наддув, перепускной клапан системы наддува, несколько выпускных коллекторов и (или) выпускных труб, а также тракторов и машин с такими дизелями оценивают по наибольшему среднему арифметическим значениям дымности на каждом установившемся скоростном режиме и на режиме свободного ускорения [9].

Таблица 2. Дымность дизелей

Режим измерения дымности	Предельно допускаемый натуральный показатель ослабления светового потока K, m^{-1}	Предельно допускаемый коэффициент ослабления светового потока $N, \%$
Свободное ускорение коленчатого вала дизеля:		
– без наддува	1,2	40
– с наддувом	1,6	50
Максимальная частота вращения	0,4	15

Атмосферное давление ($B_{окр}$ в кПа) и температура окружающего воздуха ($T_{окр}$ в градусах Кельвина) во время испытаний дизелей, тракторов и машин должны находиться в пределах, удовлетворяющих условию:

$$0,98 \leq \left(\frac{100}{B_{окр}} \right)^{0,65} \cdot \left(\frac{T_{окр}}{298} \right)^{0,5} \leq 1,02$$

или в соответствии с номограммой, приведенной на рис. 2.

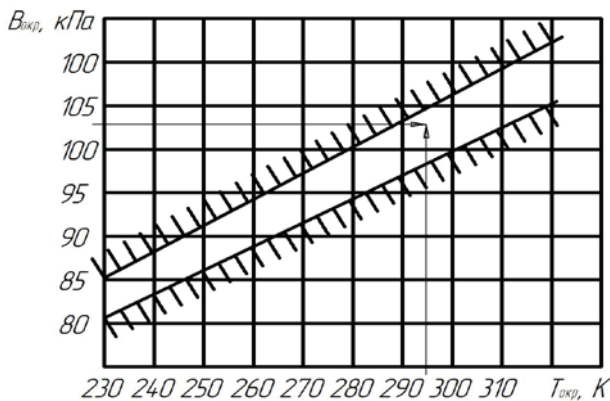


Рисунок 2. Номограмма условий определения дымности

Дымность определяют, если точка, соответствующая измерениям по времени испытаний значениям атмосферного давления и температуры окружающего воздуха в градусах Кельвина, находится внутри поля или на его границах [10].

Измерение дымности ОГ проводят не реже, чем при выполнении технического обслуживания № 2, после ремонта и регулировки узлов и систем трактора, влияющих на дымность отработавших газов, после заводской обкатки новых капитально отремонтированных тракторов (автомобилей), а также при годовых технических осмотрах и выборочной проверке их технического состояния.

Методика определения дымности изложена в [4, 10, 11].

Заключение

1. Измерение дымности двигателей тракторов, самоходных сельскохозяйственных и других машин проводят согласно ГОСТ 17.2.02-98 дымомерами «Мета-01 МП», «Смог-1М-01», «МД-01» и др.

2. Нормы дымности устанавливают в зависимости от условного объемного расхода воздуха на двух режимах вращения коленчатого вала двигателя: режим свободного ускорения; режим максимальной частоты вращения коленчатого вала, допускаемой регулятором вращения;

3. Предельные значения дымности отработавших газов в режиме свободного ускорения коленчатого вала дизеля: без наддува – 40 %, с наддувом – 50 %, а при максимальной частоте вращения – 15 %.

4. Своевременное регламентированное и заявочное диагностирование дизелей, в том числе по показателям дымности и величине выбросов вредных веществ отработавших газов, а также проведение соответствующих работ по техническому обслуживанию позволяет поддерживать дымность, величину вредных выбросов, топливную экономичность и надежность работы дизелей в технико-экономически целесообразном диапазоне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов, Д.А. Комбинированное устройство для снижения токсичности отработанных газов / Д.А. Чернов, В.П. Капустин // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – №7. – С. 7-9.
2. Бояренко, А.Г. Экологические показатели дизелей и пути их улучшения / А.Г. Бояренко, В.М. Подчинок, А.В. Пархоменко // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – №4. – С. 5-8.
3. Томкунас, Ю.И. Влияние технического состояния машинно-тракторных агрегатов на экологическую безопасность окружающей среды / Ю.И. Томкунас, В.Н. Кецко, А.А. Гончарко // Агропанорама. – 2015. – №6. – С. 2-5.
4. Токсичность отработавших газов дизелей / В.А. Марков [и др.]. – М.: МГТУ им. И.Э. Баумана, 2002. – 122 с.
5. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения дымности отработавших газов тракторных и комбайновых дизелей: ГОСТ 17.2.2.02-98. – Введ. 13.05.98. – Минск: БелГИСС, 1998. – 13 с.
6. Измеритель дымности отработавших газов МЕТА-01 МП 01. ГТН ЛТК: руководство по эксплуатации. – Жигулевск, 2007.
7. Транспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерения: СТБ 2169-2011. – Введ. 01.07.2012. – Минск: БелГИСС, 2012. – 14 с.
8. Нормы дымности и токсичности отработавших газов дизелей. – М.: ГОСНИТИ, 1994. – 93 с.
9. Рекомендации по контролю дымности и токсичности ОГ дизелей в условиях эксплуатации / А.В. Колчин [и др.]. – М.: ГОСНИТИ, 1993. – 104 с.
10. Технологическое руководство по контролю и регулировке дымности и токсичности отработавших газов дизелей тракторов и самоходных машин (сельскохозяйственных, дорожно-строительных и др.) / А. В. Колчин [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2005. – 84 с.
11. Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для ремонтно-обслуживающих предприятий и машиностроительных заводов агропромышленного комплекса. – М.: ГОСНИТИ, 1993.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 31.05.2016