

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВРЕДНЫМИ ВЫБРОСАМИ АВТОТРАНСПОРТА

Ибатов М. К., Пак И. А., Аскарров Б. Ш., Сарсембаев Т. У., Шалаев В. В.

Карагандинский государственный технический университет Республики Казахстан, Караганда, Казахстан (100027, Караганда, Бульвар Мира, 56), e-mail: atkstu@mail.ru

Наиболее распространенным видом транспорта на открытых горных разработках Республики Казахстан является автомобильный, как более подвижный и маневренный вид карьерного транспорта. Около 60 % горной массы на карьерах СНГ и более 85 % на зарубежных карьерах перевозится средствами автомобильного транспорта. Прогнозирование показывает, что удельный вес карьерного автотранспорта в общем объеме перемещаемых горных масс в ближайшем будущем снижаться не будет. Нарастающие темпы объемов горного производства открытым способом разработки, дальнейшее углубление карьеров и усложнение горнотехнических условий, повышение загазованности воздушного бассейна карьеров при эксплуатации автотранспортных средств в условиях ограниченного воздушного пространства требуют дальнейшего проведения теоретических и экспериментальных исследований, разработки комплекса научных, организационных и инженерно-технических мероприятий, направленных на повышение качества безопасной работы дизельных двигателей внутреннего сгорания, которыми оснащена большая часть парка подвижного состава современных карьерных автосамосвалов. Исходя из вышеизложенного, снижение опасного и вредного воздействия токсичных выбросов дизельных двигателей карьерного автотранспорта на персонал и окружающую среду путем разработки новых теоретических положений, развивающих методы снижения токсичности отработавших газов, а также совершенствования методологических основ управления техническим состоянием систем, влияющих на концентрацию токсичных компонентов выхлопа дизелей, является актуальной научной проблемой.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, токсичные компоненты, отработавшие газы, нейтрализация, карьерный транспорт.

IMPROVEMENT OF METHODS OF DECREASE IN POLLUTION OF THE ATMOSPHERE BY HARMFUL EMISSIONS OF MOTOR TRANSPORT

Ibatov M. K., Pak I. A., Askarov B. S., Sarsembaev T. U., Shalaev V. V.

Karaganda state technical university of Republic of Kazakhstan, Karaganda, Kazakhstan (100027, Karaganda, World Boulevard, 56), e-mail: atkstu@mail.ru

The most widespread type of transport on open-cast mountain minings of the Republic of Kazakhstan is automobile, as more mobile and maneuverable type of career transport. About 60 % of mountain weight on pits of the Commonwealth of Independent States and more than 85 % on foreign pits are transported by means of the motor transport. Forecasting shows that the specific weight of career motor transport in a total amount of the moved mountain masses won't decrease in the near future. Accruing rates of volumes of mining in the open way of development, further deepening of pits and complication of mining conditions, increase of a gas contamination of the air pool of pits at operation of vehicles in the conditions of limited air space demand further carrying out theoretical and pilot studies, development of a complex of the scientific, organizational and technical actions directed on improvement of quality of safe operation of diesel engines with which the most part of park of a rolling stock of modern career dump trucks is equipped. Proceeding from the above, decrease in dangerous and harmful effects of toxic emissions of diesel engines of career motor transport on the personnel and environment by development of the new theoretical provisions developing methods of decrease in toxicity of fulfilled gases, and also improvement of methodological bases of management by a technical condition of the systems influencing concentration of toxic components of an exhaust of diesels, is an actual scientific problem.

Key words: atmosphere pollution, the toxic components which have fulfilled gases, neutralization, career transport.

Введение

Одной из актуальнейших проблем, сопровождающих современный процесс автомобилизации, является значительное загрязнение воздушного бассейна предприятий горнодобывающей промышленности вредными выбросами автомобильного транспорта.

Значительные объемы указанных вредных газов поступают в атмосферу карьеров в процессе ведения работ, в результате чего загазованность атмосферы карьеров при неблагоприятных метеорологических условиях может в несколько раз превышать предельно допустимые концентрации. Одной из основных причин загрязнения атмосферы карьеров вредными газами является работа двигателей внутреннего сгорания (автосамосвалы, тепловозы, тракторы, бульдозеры и др.), а именно дизельных двигателей, которыми оснащена подавляющая часть подвижного состава карьерного транспорта.

Цель исследования

Целью исследования являлись анализ и совершенствование существующих методов снижения уровня загрязнения атмосферы промышленных карьеров вредными выбросами дизельных двигателей.

Материал и методы исследования

Количество, состав и свойства отработавших газов полностью определяются составом применяемого дизельного топлива и воздуха, конструктивными параметрами и режимом работы дизельного двигателя. Исходный состав дизельного топлива состоит из углерода (0,870 кг на 1 кг топлива), водорода (0,126 кг на 1 кг топлива) и небольшого количества кислорода (0,004 кг на 1 кг топлива). В качестве окислителя обычно используется атмосферный воздух, основными составляющими которого являются азот и кислород.

Современные дизельные двигатели работают с избытком воздуха, коэффициент которого $\alpha_B \approx 1,2 \div 8$, что связано с необходимостью более полного сгорания топлива. В процессе сгорания топлива в дизельном двигателе достигаются следующие термодинамические параметры продуктов сгорания: $P_{\max}^r = 4,8 \div 9,6$ МПа и $T_{\max}^r = 1800 \div 2400$ К. При указанных термодинамических параметрах компоненты топлива окисляются по следующим брутто-реакциям [2]: $C + O_2 = CO_2$; $4H + O_2 = 2H_2O$.

Таким образом, если бы топливо, поступившее в дизельный двигатель, сгорело полностью, то отработавшие газы состояли бы из избыточного воздуха, углекислого газа и паров воды. Однако дизельный двигатель характеризуется высокой неоднородностью распределения топлива по объему камеры сгорания, что приводит к образованию сильно обогащенных и сильно обедненных топливом зон. В указанных зонах топливо сгорает не полностью или даже вообще не сгорает. По этой причине в отработавших газах содержатся продукты неполного сгорания топлива, являющиеся токсичными компонентами, а также пары самого топлива.

Всего в составе отработавших газов содержится около 280 компонентов [1], которые по химическим свойствам и характеру воздействия на биосферу разделяются на нетоксичные и токсичные. Причем по мере усовершенствования аналитических средств количество обнаруживаемых соединений продолжает возрастать. Основными токсичными компонентами отработавших газов дизельных двигателей являются: оксид углерода (CO), оксиды азота (NO_x), углеводороды (C_mH_n), альдегиды (R_xCHO), диоксид серы (SO_2), сажа.

В эксплуатационных условиях предприятий горнодобывающей промышленности к основным направлениям снижения уровня загрязнения атмосферы промышленных карьеров вредными выбросами дизельных двигателей можно отнести [6]:

- совершенствование методов воздействия на рабочий процесс дизельных двигателей карьерного транспорта с целью уменьшения токсичности отработавших газов;
- совершенствование методов, способов и средств снижения токсичности отработавших газов в системе их выпуска.

К методам, характеризующим первое направление, относятся учет влияния эксплуатационных факторов, обеспечение исправного технического состояния, регулировки рабочего процесса сгорания топлива в двигателе, учет влияния рода топлив и применяемых к ним присадок, рециркуляция отработавших газов и комбинированные методы снижения токсичности отработавших газов.

К методам, характеризующим второе направление, относятся жидкостная нейтрализация вредных выбросов, пламенное дожигание или термическая нейтрализация вредных веществ, каталитическая нейтрализация токсичных компонентов отработавших газов.

Результаты исследования и их обсуждение

Эксплуатационные факторы, несомненно, оказывают существенное влияние на концентрацию токсичных компонентов в отработавших газах дизельных двигателей. Но учесть разноплановое влияние режимов работы двигателей, температуры деталей камеры сгорания, параметров воздуха на впуске и других факторов на токсичность отработавших газов и найти оптимальное их сочетание в реальных условиях практической деятельности предприятий, эксплуатирующих карьерный транспорт, не представляется возможным.

Попытки уменьшения концентрации одних токсичных компонентов путем регулирования влияния эксплуатационных факторов, предпринятые нами на автосамосвалах семейства БелАЗ в условиях Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного комбината, непременно сопровождались увеличением содержания других вредных веществ в отработавших газах. Кроме того, технологические условия работы карьерного транспорта не позволяют эксплуатировать автосамосвалы на каком-то постоянном режиме, соответствующем минимальному содержанию токсичных компонентов.

Проведенный нами анализ результатов обработки данных по надежности карьерного автотранспорта на предприятиях горнодобывающей промышленности показывает, что около 32 % всех отказов приходится на двигатель и его системы. При этом их количество значительно возрастает с увеличением пробега карьерных автосамосвалов с начала эксплуатации. Причинами этого являются как объективные обстоятельства ухудшения технического состояния дизельных двигателей и их систем (естественное старение, износ трущихся деталей, сложные условия эксплуатации и т.д.), так и недостатки в работе технической службы по поддержанию работоспособности подвижного состава.

У дизельных двигателей основными причинами, увеличивающими токсичность отработавших газов, являются: засорение воздушного фильтра; дефекты гильз цилиндра, поршневых колец, износ седел клапанов, приводящие к снижению компрессии; неисправности или нарушения регулировки системы газораспределения; засорение выпускного трубопровода, увеличивающее противодавление на выпуске, ухудшающее течение процесса горения и приводящее к резкому увеличению содержания сажи в отработавших газах; неисправности системы питания, к которым следует отнести: подтекания в форсунках, засорение сопловых отверстий, заедание игл форсунок, поломка пружин игл форсунок и т.д.

Результаты целого ряда исследований, проведенных различными научными коллективами, показывают, что процесс смесеобразования и сгорания в дизельных двигателях зависит от следующих свойств топлива [1, 3, 4, 7]: плотности, фракционного состава (характеристики разгонки), типа углеводородов, входящих в топливо; вязкости, склонности к самовоспламенению (характеризуемой цетановым числом); содержания серы. Следовательно, свойства дизельного топлива оказывают влияние на концентрацию вредных веществ в отработавших газах. Поэтому, решая задачу снижения токсичности отработавших газов на этапе эксплуатации карьерного транспорта, необходимо учитывать свойства дизельного топлива при организации материально-технического обеспечения горюче-смазочными материалами.

В рамках решения одной из сложных задач, связанной со снижением концентрации оксидов азота при эксплуатации дизельных путевых машин в тоннелях большой протяженности Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного комбината нами на основе сравнительной оценки эффективности выше рассмотренных методов был предложен комбинированный метод снижения токсичности отработавших газов, который можно использовать и для карьерных автосамосвалов. Суть метода заключается в изменении угла опережения впрыска топлива через форсунку и использовании способа рециркуляции отработавших газов.

Одними из широко распространенных методов очистки токсичных компонентов отработавших газов являются методы, относящиеся ко второму направлению, которые основаны на пропускании отработавших газов через различные аппараты в системе их выпуска.

Все подобные аппараты по принципу действия могут быть разделены на две большие группы. Первая группа – устройства, только задерживающие вредные вещества, называемые фильтрами. Вторая группа – аппараты, называемые нейтрализаторами, при помощи которых осуществляется активное воздействие на вредные вещества (дожигание несгоревших компонентов, химическое преобразование вредных веществ и т.д.). Благодаря этому вредные вещества нейтрализуются, т.е. превращаются в продукты, не влияющие на здоровье человека. На основании проведенных теоретических исследований, сравнительных лабораторно-стендовых и промышленных испытаний опытных и серийно выпускаемых образцов нейтрализаторов нами была предложена эффективная система каталитической нейтрализации для унифицированного ряда дизельных двигателей, характеризующаяся высокой степенью очистки основных токсичных компонентов, а также сравнительно низкими значениями газодинамического сопротивления выпуску газов и незначительным износом катализатора.

Выводы

Проводимые исследования в Карагандинском государственном техническом университете по совершенствованию методов снижения уровня загрязнения атмосферы промышленных карьеров вредными выбросами дизельных двигателей позволяют сделать следующие основные выводы.

При неизменных конструкциях камеры сгорания и способа смесеобразования на рабочий процесс с целью уменьшения выделения токсичных веществ можно воздействовать изменением состава смеси, угла опережения впрыска топлива, перекрытия клапанов, степени сжатия, т.е. регулировками рабочего процесса сгорания топлива в двигателе. При этом наиболее эффективным из числа этих регулировок является изменение угла опережения впрыска топлива.

Анализ результатов стендовых исследований показывает, что определенный с помощью проведенных нами теоретических расчетов оптимальный вариант параметров комбинированного метода при незначительном снижении мощности двигателей и их топливной экономичности позволяет снизить концентрацию оксидов азота на всех режимах до требуемых норм. Результаты стендовых испытаний позволяют рекомендовать комбинированный метод к промышленным испытаниям.

Анализ существующих методов снижения уровня загрязнения атмосферы промышленных карьеров вредными выбросами дизельных двигателей показывает, что в настоящее время по уровню достигнутых результатов теоретических и экспериментальных исследований, каталитические системы нейтрализации можно признать основным методом снижения токсичности отработавших газов в системе выпуска дизельных двигателей, рекомендуемым для использования на предприятиях горнодобывающей промышленности.

Список литературы

1. Амбарцумян В. В., Носов В. Б., Тагасов В. И. Экологическая безопасность автомобильного транспорта. – М.: Научтехлитиздат, 1999. – 208 с.
2. Дьяченко Н. Х. Теория двигателей внутреннего сгорания. – Л.: Машиностроение, 1974. – 551 с.
3. Жегалин О. И., Лупачев П. Д. Снижение токсичности автомобильных
4. Звонов В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М., 1991. – 160 с.
5. Ушаков К. З., Михайлов В. А. Аэрология карьеров. – 2-е изд. перераб. и доп. / Под ред. Ржевского В. В. – М.: Недра, 1985. – 272 с.
6. Яковлев В. Л., Бахтурин Ю. А., Столяров В. Ф. Некоторые перспективные направления исследований в области транспортных систем карьеров // Материалы междунар. научно-техн. конф. "Проблемы карьерного транспорта". – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2002. – С. 15-19.
7. Якубовский Ю. А. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды. – М., 1993. – 198 с.

Рецензенты:

Тогизбаева Баглан Болсыновна, доктор технических наук, профессор, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда.

Тутанов Серикпай Куспанович, доктор технических наук, профессор, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда.