А.А.Кулешов
Санкт-Петербургский горный институт

УДК 629.114.45:622.271

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Указаны принципиальные различия в решении проблем нейтрализации отработавших газов на подземных и открытых работах. Для подземных условий эта проблема практически решена путем применения эффективных нейтрализаторов отработавших газов и деятельной принудительной вентиляции. Конструктивное усовершенствование нейтрализаторов идет, главным образом, в направлении их удешевления. На открытых работах нейтрализаторы на автосамосвалах не применяются из-за малой их эффективности при температурах ниже 300 °С и больших объемов отработавших газов.
Рассмотрены другие способы нормализации атмосферы, основными из которых являются создание малотоксичных дизелей, уменьшение расхода топлива на транспортирование за счет оптимизации эксплуатационных режимов дизелей, использование присадок к топливу, уменьшающих выброс сажи примерно в 2 раза. Изложены положения разработанной методики расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при эксплуатации дизельной горно-транспортной техники.

In paper are presented of principle differences in a position of solutions problem of exhaust gases neutralisation on underground and carriers mining works. Is shown that for underground conditions this problem practi-

cally is solved by means of the applying of efficient neutralizators of exhaust gases. Constructive neutralizators perfection is carried out mainly in direction of costs decrease at expense of the applying special catalysts instead platinum. On carrier mining works the neutralizators not are used because of big volumes of exhaust gases and their small efficiency at temperatures below 300. Are presented other ways of the normalisation of atmosphere. The main of which are the applying of motors not polluting atmosphere by harmful exhaust emissions; the decrease of need for fuel at expense of the optimisation of operational regimes; the using of special additives to fuel decreasing yield of carbon black approximately in 2 time.

При добыче полезных ископаемых с использованием дизельной транспортной техники на подземных и открытых работах проблема нейтрализации отработавших газов (ОГ) решается различно. В первом случае существует жесткая регламентация предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ в рабочем пространстве и используются два способа снижения содержания вредных выбросов: длительная вентиляция с подачей воздуха в выработки из расчета 5,5 $м^3$/мин на 1 кВт мощности привода машины и применение нейтрализаторов отработавших газов, устанавливаемых на машинах непосредственно за дизелем. В качестве нейтрализаторов используются каталитические установки на платиновой или алюминиевой основе. Оксиды азота очищаются в водяной части (скруббере) нейтрализатора. Степень очистки ОГ каталитическими нейтрализаторами для различных компонентов газов находится в пределах 60-100 %.

На кафедре горных транспортных машин Санкт-Петербургского горного института выполнен анализ тенденций развития конструкций нейтрализаторов ОГ, в результате которого установлено, что разработки идут в двух направлениях: удешевление нейтрализаторов за счет замены дорогостоящих металлов (платины) более дешевыми (алюминий и др.) и повышение степени очистки отработавших газов. В целом проблему нейтрализации отработавших газов в подземных условиях можно считать практически решенной, тем более, что в последние годы отмечено сокращение парка дизельных машин за счет применения машин с электрическим приводом. Задача заключается лишь в снижении затрат на очистку ОГ: вентиляцию и нейтрализаторы.

Совершенно иная картина наблюдается на открытых горных работах. Во-первых, автосамосвалы не оборудованы нейтрализаторами. Все попытки разработать эффективную конструкцию нейтрализатора для автосамосвалов заканчивались неудачей, что можно объяснить двумя факторами: большой мощностью дизелей (до 1700 кВт) и, следовательно, большими объемами отработавших газов и температурными условиями, отличными от условий в подземных выработках. Каталитические нейтрализаторы эффективно работают лишь при температуре отработавших газов выше 300 °С; в зимних условиях отработавшие газы быстро охлаждаются, что резко снижает степень их очистки.

В то же время экологические проблемы при работе карьерного автотранспорта в последние годы приобрели небывалую остроту. С ростом глубины горных работ возрастает концентрация техники на горизонтах, ухудшаются условия естественного проветривания рабочего пространства карьеров. Достаточно часто загазованность карьеров приводит к прекращению работы (простоям) на длительное время. Простои оборудования на некоторых алмазодобывающих карьерах достигают 200 ч в год.

Нормализация атмосферы в карьерах с автотранспортом может быть достигнута следующим образом:

- естественным (в основном, на нагорных карьерах) и искусственным проветриванием с помощью стационарных и передвижных вентиляторных установок [1-3];
- снижением расхода топлива на транспортирование горной массы;
- применением специальных присадок к топливу, снижающих выбросы сажи в атмосферу;
- эксплуатацией малотоксичных дизелей;

• использованием автосамосвалов, оборудованных автономными бортовыми пылегазоочищающими установками.

При решении задач нормализации экологической ситуации в карьерах, прежде всего, нужно знать, сколько вредных веществ выбрасывается в атмосферу при работе автосамосвалов. Их количество, как показали исследования, зависит от многих факторов: удельного расхода топлива на единицу транспортной работы, режима работы дизеля, грузоподъемности автосамосвалов, времени года и др.

Сотрудниками кафедры горных транспортных машин совместно с Центральным научно-исследовательским дизельным институтом (ЦНИДИ) разработана методика прогнозирования объемов вредных выбросов в ОГ при работе транспортных дизельных машин [4]. Установлен уровень вредных выбросов дизелей горно-транспортных машин мощностью от 100 до 1500 кВт, работающих в различных климатических условиях. Полученные данные и результаты прямых измерений на стендах позволили предложить методику, которая обладает, по нашему мнению, рядом преимуществ перед действующими, а именно:

• обеспечивает преемственность по отношению к стандартным методикам испытаний и расчетов выбросов на заводах-изготовителях дизелей;

• унифицирована по терминологии, испытательным и расчетным процедурам с действующими российскими стандартами;

• нормирует наиболее представительную номенклатуру вредных веществ, определяющих токсичность дизелей;

• позволяет доказательно распределять выбросы дизелей на нормативные и сверхнормативные;

• способствует уточнению удельных показателей выбросов с учетом реальных условий эксплуатации дизелей и упрощению процедуры расчетов без ущерба для их точности.

Методика распространяется на карьерные автосамосвалы, строительно-дорожные, горные технологические машины и другую технику с дизельным приводом.

Исходными данными для расчета являются наработка дизеля (в часах) за отчетный период и данные о технологическом цикле, полученные хронометражем. Объемы вредных выбросов напрямую зависят от количества израсходованного топлива, которое для группы однотипных дизелей за определенный период (месяц, квартал, год) рассчитывается по формуле

$$B = 10^{-3} K_p P_e \bar{b},$$

где b – среднеэксплуатационный удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч); P_e – номинальная мощность, кВт; K_p – коэффициент использования мощности, рассчитанный по данным технологического цикла.

Масса загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу за определенный период времени,

$$M_i = 10^{-3} \sum_{r=1}^{b} M_{br} \bar{e}_{ir}$$

где M_{br} – расход топлива группой однотипных дизелей за исследуемый период, кг; $\bar{e}_{ir}$ – удельная масса i-того вредного вещества, выделяющегося при сгорании топлива, г/кг

Расчеты показывают, что в экологическом плане применение более мощных транспортных машин дает больший эффект: так, при одинаковой мощности карьера эксплуатация парка 110-тонных автосамосвалов позволяет уменьшить общую массу вредных выбросов по сравнению с 40-тонными машинами примерно на 25-30 %.

Одной из основных задач при нормализации атмосферы карьера является снижение ее задымленности, т.е. выбросов сажи (CO). Эффективным и достаточно хорошо испытанным средством для этого является применение экологической присадки на бариевой основе «КО-1». Испытания, проведенные в условиях рудника Центральный ОАО «Апатит», показали, что присадка к дизельному топливу (0,4 % по массе) позволяет снизить выбросы сажи в зависимости от режима работы дизеля на 30-60 %.

Экологическая ситуация в карьерах во многом зависит от конструктивного совершенства транспортных машин, особенно дизелей. В последние годы отечественными машиностроителями (ОАО «Автодизель», г.Ярославль) создана целая гамма малотоксичных дизелей для карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 30-45 т. Естественно, что в процессе эксплуатации техническое состояние машин ухудшается, из-за износа дизелей и других узлов и систем машин увеличивается расход топлива. Поэтому необходим постоянный мониторинг их технического состояния с целью прогнозирования экологических характеристик. Результаты этого мониторинга оформляются в виде экологического паспорта дизельной транспортной машины. Структура и требования к экологическому паспорту, в частности, карьерного автосамосвала разработаны на кафедре горных транспортных машин.

В заключение необходимо отметить, что рассматриваемая проблема крайне сложна и требует для своего решения комплексного подхода. Пока же следует признать, что достигнутые здесь результаты достаточно скромны. Оценивая перспективу, можно предположить, что кардинальное решение этих задач возможно в течение ближайшего десятилетия при разработке и реализации единой программы опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ, концентрации усилий и, естественно, достаточного финансирования. Поэтому значение межотраслевой программы «Экология и рациональное природопользование» трудно переоценить.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Калабин Г.В.* Энергоемкость искусственного проветривания глубоких карьеров / Г.В.Калабин, А.Д.Вассерман, А.А.Бакланов, В.Д.Луковский // Горный журнал. 1991. № 1.

2. *Мосинец В.Н.* Проблемы нормализации атмосферы на открытых горных работах отрасли / В.Н.Мосинец, А.Н.Лукьянов, Л.А.Аверкин, М.М.Коноров // Горный журнал. 1991. № 1.

3. *Зайцев В.Ф.* Высокоэффективная система искусственной вентиляции и пылегазоподавления в глубоких карьерах / В.Ф.Зайцев, В.Б.Колесаев, В.И.Култышев // Горный журнал. 1993. № 2.

4. *Кулешов А.А.* Расчет объемов вредных выбросов при работе дизельной техники на карьерах / А.А.Кулешов, Л.А.Новиков, О.Д.Серебренников // Горный журнал. 1998. № 5.