Записки Санкт-Петербургского горного института им.Г.В.Плеханова.
Т. 141. СПб, 1995

УДК 622.684:621.43.068

А.А.КУЛЕШОВ, О.Д.СЕРЕБРЕННИКОВ, В.А.ФОМИН

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ АНТИДЫМНЫХ ПРИСАДОК К ДИЗЕЛЬНОМУ ТОПЛИВУ В УСЛОВИЯХ РУДНИКА "ЦЕНТРАЛЬНЫЙ" ПО "АПАТИТ"

В настоящее время в мире находятся в эксплуатации сотни миллионов двигателей внутреннего сгорания. По различным данным, они сжигают в год более I млрд.т кислорода, выбрасывают в атмосферу 120–150 млн.т окиси углерода, более I млн.т окиси серы, десятки миллионов тонн несгоревших углеводородов и оксидов азота.[x] Особенно тяжелое положение сложилось на открытых горных работах, где на относительно небольшом пространстве концентрируется большое число автосамосвалов грузоподъемностью 30–180 т, бульдозеров и другой техники. Синергетическое взаимодействие отдельных компонентов вредных выбросов и пылевидные частицы, образующие фотохимический смог, вызывают изменения физиологических процессов в организме человека. Кроме того, в отдельные периоды на карьерах из-за сильного загрязнения атмосферы полностью или частично прекращается работа, в ожидании проветривания простаивает дорогостоящее горное и транспортное оборудование. Так, например, только на руднике "Центральный" ПО "Апатит" простои экскаваторов, автосамосвалов и буровых станков составляют в среднем 1000 ч в год. На карьере Удачнинского ГОКа ПНО "Якуталмаз" из-за загазованности атмосферы простои горной техники составили в первом квартале 1992 г. примерно I,5 месяца.

Этими и рядом других обстоятельств объясняется актуальность комплексного решения проблемы оздоровления воздушного бассейна и всей экологической обстановки на горных предприятиях, использующих автомобильный транспорт.

Пути и способы улучшения состояния атмосферы в карьерах можно классифицировать по следующим направлениям:

I) применение более совершенных и менее токсичных по выбросам типов двигателей, включая газотурбинные;

---

[x] Гладков О.А., Лерман Е.Ю. Создание малотоксичных дизелей речных судов. Л.: Судостроение, 1990.

2) сокращение образования и выбросов из цилиндров вредных веществ на действующих автосамосвалах за счет создания новых способов смесеобразования, новых конфигураций камер сгорания и малотоксичной регулировки дизелей;

3) создание малотоксичных дизелей путем существенного улучшения их конструкции;

4) использование в качестве топлива высококонцентрированных стабильных водотопливных эмульсий, а также альтернативных видов топлива;

5) интенсификация естественного или создание дополнительного искусственного способа проветривания карьеров;

6) снижение дымности отработавших газов (ОГ) и содержания в них вредных компонентов за счет интенсификации процесса сгорания топлива при помощи различных топливных присадок без модернизации дизеля;

7) использование на карьерах вместо автосамосвалов экологически более чистых машин - дизель-троллейвозов.

Анализ перечисленных методов и способов оздоровления атмосферы в карьерах дает основание считать, что наиболее доступным для реализации в настоящее время является шестое направление, а именно - использование антидымных топливных присадок.[x]

Антидымные присадки повышают полноту сгорания топлива и уменьшают содержание в ОГ твердых сажевых частиц. Установлено, что концентрация этих частиц достигает в отдельных случаях 1,5 г/м^3. Обладая высокой адсорбционной способностью, сажа насыщена многими газообразными и жидкими вредными веществами, в частности углеводородом - наиболее опасным компонентом бенз-а-пирена, концентрация которого в дисперсных сажевых частицах в 3-4 раза выше, чем в потоке газов.

Применение антидымных присадок должно обеспечивать существенное снижение содержания сажи, а следовательно, и других вредных компонентов в ОГ дизелей (табл.1).

Суммарное содержание вредных примесей в ОГ - 0,02-1 % по объему. Наиболее опасны: бенз-а-пирен (канцерогенное вещество), оксиды азота NO_x, окись углерода CO и двуокись серы SO_2. Они и определяют токсичность и раздражающие свойства газов.

Реализация поставленной задачи привела к созданию целого ряда антидымных присадок. Содержание активного металла в присадках показано ниже, %:

Изобарол-1	22,8 Ba
Изобарол-2	5,4 Ba, 6,6Fe
Марганцевая	6,8 Mn
Медная	9,6Cu
Беззольная	На основе амина

[x] Жегалин О.И., Лупачев П.Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. М.: Транспорт, 1985.

Многофункциональна (НЭОЛ)	-
ИХП-706	20 Ba
Кальциевая	40 Ca

Таблица 1

Содержание вредных компонентов в отработавших газах

Составляющие ОГ	Количественное содержание	Класс опасности[x]	ПДК, мг/м^3	
			В рабочей зоне	Среднесуточная
Окись углерода, %	0,01-0,5	4	20	1
Оксиды азота (в пересчете на NO_2, %	0,005-0,5	2	5	0,085
Углеводороды (в пересчете на метан), %	0,001-0,07	2-4	5-300	1-2,5
Альдегиды (в пересчете на C_3H_4O, мг/м^3	1-10	2-3	0,2-5	0,01-5
Формальдегиды, %	0,002	3	0,5	0,003
Акролеин, %	0,0001	2	0,2	0,03
Бенз-а-пирен, мг/м^3	0,5-1	1	0,00015	$1 \cdot 10^{-6}$
Сажа, г/м^3	0,01-1	3	4	0,05

[x] Чрезвычайно опасные - 1; высоко опасные - 2; умеренно опасные - 3; малоопасные - 4.

Сравнительные испытания этих присадок показали, что заметное влияние на изменение сажесодержания оказывают только присадки на основе бария и в меньшей степени кальциевая присадка. Аналогичные результаты получены и при испытаниях присадки *SSA* (Англия), "Лубризол-565" (Бельгия). Во всех случаях дымность (содержание несгоревших твердых частиц в ОГ) снижалась на 30 % и более.

Учитывая этот опыт, кафедрой горных транспортных машин СПГГИ с 1990 г. начаты испытания отечественных антидымных бариевых присадок в условиях рудника "Центральный" ПО "Апатит" на автосамосвалах БелАЗ-7519 грузоподъемностью 110 т. Для испытаний была принята присадка ИХП-706, обладающая, помимо высокой эффективности, свойствами легко растворяться в дизельном топливе и не отстаиваться при длительном хранении.

Первые испытания присадки ИХП-706 проводились в сентябре 1990 г. на нагрузочном стенде блока 3-Б (БелАЗ-7519, гаражный номер 79, дизель 8ДМ-21А, пробег машины к началу испытаний 67385 км, количество добавляемой присадки 0,5 % по массе). Результаты испытаний приведены в табл.2.

Контроль дымности ОГ проводился прибором *DSM*-108 (фильтрационный метод, Япония), а содержание вредных компонентов контролировалось прибором *Testa*-33 (ФРГ).

Таблица 2

Влияние режима работы дизеля на дымность ОГ

Режим работы ДВС	Напряжение генератора, кВ	Ток генератора, кА	Дымность ОГ, %	
			Без присадки	С присадкой
Холостой ход (ХХ)	0	0	6,0	2,2
Номинальный режим (НР)	0,8	0,75	46	22
Оптимальный режим (ОР)	0,64	1,05	42	20
Максимальный режим (МР)	0,55	1,05	52	22

Результаты первых испытаний присадки ИХП-706 подтвердили ее высокую эффективность по снижению дымности. Так, например, снижение содержания сажи в ОГ с 46 до 22 % соответствует уменьшению ее содержания в 4,2 раза, а с 52 до 22 % - в 5,7 раза. Однако содержание CO и NO_x на некоторых режимах работы двигателя несколько увеличилось.

В декабре того же года в тех же условиях были приведены повторные испытания присадки ИХП-706 (БелАЗ-7519, двигатель 8ДМ-21А, гаражный номер 93, пробег машины к началу испытаний 25400 км). Результаты испытаний показали снижение сажи в ОГ с 21 до 3 % (ОР) и с 28 до 4 % (МР), что соответствует уменьшению ее содержания в 2-3 раза. Однако в этом случае содержание CO, NO и NO_2 в ОГ увеличилось.

Последующие испытания присадки ИХП-706 (разработана Институтом химии присадок АН Азербайджана), проведенные в июле и октябре 1991 г., дали такие же результаты. Таким образом, встал вопрос о перспективности дальнейших испытаний этой присадки.

С 1992 г. на руднике "Центральный" начались испытания антидымной присадки ЭКО-1, созданной Всероссийским научно-исследовательским институтом нефтепереработки (Москва) с учетом технических требований, разработанных СПГТИ.

Первые испытания присадки ЭКО-1 были проведены с 20.02 по 05.03 1992 г. (БелАЗ-7519, гаражный номер 98, двигатель 8ДМ-21А, пробег к началу испытаний 55043 км).

На первом этапе проводились исследования влияния присадки на снижение дымности ОГ. Установлено снижение дымности по сажесодержанию не менее чем в 2-2,5 раза на основных эксплуатационных режимах. Одновременно было отмечено и некоторое увеличение в ОГ CO и NO_x, что объясняется неидентичностью задаваемых режимов работы дизеля в процессе замеров на стенде.

На втором этапе для оценки влияния присадки на состояние деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и топливной аппаратуры проведены ресурсные испытания в условиях карьера. После 255 ч эксплуатационных испытаний (1630 км пробега) установлено:

на огневой поверхности камеры сгорания общее количество нагара не увеличилось;

на головке цилиндров значительных отложений не зафиксировано, следы налета серого цвета локализованы на тарелках выпускных клапанов;

на зеркале цилиндров абразивных рисок не обнаружено;

отклонений в работе топливной аппаратуры за время испытаний не зафиксировано;

по предварительной экспертной оценке в состав отложений серого цвета входят углеродистые соединения в смеси с сульфатом бария, нагар по свойствам обладает относительно низкой адгезией и имеет рыхлую структуру.

Таким образом, если не считать увеличения в ОГ токсичных компонентов, полученных на первой стадии испытаний, можно считать результаты эксперимента положительными.

Для определения возможности влияния присадки на увеличение содержания в ОГ токсичных компонентов детальные исследования были проведены Центральным научно-исследовательским дизельным институтом. Испытания проводились на моторном стенде, оборудованном нагрузочным устройством фирмы „Shenk" (Германия) и комплектом автоматических серийных газоанализаторов, фильтрационным дымомером фирмы " *AVL* " (Швейцария).

Контроль вредных выбросов дизеля 6ЧН2I/2I осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ 24585-8I "Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Вредные выбросы с отработавшими газами. Нормы и методы определения". Контроль дымности дизеля осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ 24028-80 "Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения".

В результате испытаний на пяти режимах работы дизеля установлено:

I. Применение топлива с антидымной присадкой ЭКО-I в количестве 0,4 % обеспечивает снижение дымности (по сажесодержанию) на основных эксплуатационных режимах работы дизеля в 2 раза (от I39-I3I до 75-56 мг/м^3), на режимах средней нагрузки - на 30-40 %, на режимах малой нагрузки - на 20-30 %.

2. В пределах погрешности измерения изменений в составе отработавших газов, определяющих токсичность дизеля, не обнаружено.

Таким образом, антидымная бариевая присадка в силу селективного воздействия на процессы образования и выгорания сажи не оказывает влияния на термодинамику процесса и токсичность отработавших газов, что и было подтверждено проведенными стендовыми параметрическими испытаниями.

Для более полной оценки возможных побочных влияний присадки на состояние основных узлов ЦПГ дизеля в октябре 1992 г. были проведены ресурсные испытания ЭКО-I. Испытания проводились на двух автосамосвалах:

I. БелАЗ-75I9 (гаражный номер 44, двигатель 8ДМ-2IА, пробег к началу испытаний 58 тыс.км). За время испытаний машина прошла 427I км, наработка дизеля составила 537 маш.-ч, израсходовано 26450 л топлива с добавлением 203 л 50 %-ного концентрата присадки (при концентрации не более 0,5 % по массе).

2. БелАЗ-75I9 (гаражный номер 9I, двигатель 8ДМ-2IА, пробег к началу испытаний 96 тыс.км). За время испытаний машина прошла 5045 км, наработка

дизеля составила 690 маш.-ч, израсходовано 27910 л топлива с добавлением 90 л 50 %-ного концентрата присадки (доливка присадки проводилась периодически).

Обе машины работали на вывозке руды с нижних горизонтов к рудоспускам на наиболее сложных маршрутах. Расстояние транспортирования 1,3-1,5 км. Высота подъема груза 60-80 м при количестве поворотов на маршруте не менее двух-трех. Движение с грузом только на подъем. Дорога щебеночная укатанная, покрытая снегом с подсыпкой щебнем.

После испытаний и вскрытия головок цилиндров установлено, что качественные изменения состава нагарообразования, вызванные применением присадки ЭКО-1, не приводят на данном этапе испытаний к каким-либо отклонениям в работе дизелей и всей машины в целом.

Выводы

1. Антидымные присадки обладают несомненной высокой эффективностью по снижению сажесодержания в ОГ. Наиболее перспективной является присадка ЭКО-1, разработанная ВНИИ НП.

2. На современном уровне развития моторостроения использование антидымных присадок является реальным и быстрым средством существенного оздоровления атмосферы горных предприятий.

3. Главным препятствием широкого применения антидымных присадок является отсутствие объективных данных их влияния на рабочие органы дизелей при длительной эксплуатации. Поэтому целесообразно форсировать дальнейшие испытания присадки ЭКО-1.