УДК 621.436.002.637

А.А. Кулешов

СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ ПРИ РАБОТЕ САМОХОДНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Эффективные способы снижения загрязнения атмосферы отработавшими газами - применение антидымных присадок, создание малотоксичного дизеля, применение присадок воды в виде паровоздушной смеси к топливу, новых типов нейтрализаторов отработавших газов. Анализ показал, что совершенствуются все методы. Самоходные машины с электрическим приводом не везде могут заменить дизельные машины.

The effective methods for decreasing the contamination of the atmosphere with exhausted gases are the application of antismoke additives, making the low-toxic diesel, application of water additives as a vapour-air mixture to the fuel, new types of exhausted gases neutralizers. The analysis made showed that all the methods are being improved. The selfpropelled machines with electrically operated drive can't replace everywhere the diesel engine machines.

Самоходное оборудование получило большое распространение при добыче медно-никелевых руд (Россия), медных и полиметаллических руд (Казахстан). Главная проблема - загрязнение рудничной атмосферы отработавшими газами дизелей.

На рудниках используют два типа самоходных транспортных машин: погрузочно-доставочные (с расстоянием транспортирования не более 300 м) и средства магистрального транспорта (автосамосвалы) при большем расстоянии транспортирования.

Подземные самоходные машины оснащаются дизельными двигателями, дефорсированными по оборотам коленчатого вала, для снижения токсичности отработавших газов (ОГ).

На рудниках стран СНГ используются машины как отечественного, так и зарубежного производства. В качестве средства магистрального транспорта применяются самосвальные автопоезда МоАЗ-6401-9585 грузоподъемностью 22 т. Серийный дефорсированный по оборотам дизель ЯМЗ-236 обеспечивает скорость движения до 40 км/ч.

Ограниченность очистного пространства и сложность трассы предъявляют жесткие требования к габаритам, автономности и маневренности самоходных транспортных машин.

Основными составными частями ОГ являются : азот N_2 - 75 %, кислород O_2 - 15 %, углекислый газ $C0_2$ и пары воды H_2O - 1-10 %, угарный газ, или оксид углерода CO, оксиды азота NO, NO_2 и N_20_5, сернистый газ SO_2, сероводород H_2S, углеводороды - этан, этилен, бензол, пропан, бутан и другие, составляющие сотые и тысячные доли процентов общего объема выхлопных газов; сажа, видимая при концентрации 130 мг/м^3 и более. С увеличением нагрузки на дизель в ОГ повышается содержание сажи и оксидов азота.

Основными токсичными компонентами являются оксид углерода, оксиды азота, сажа, углеводороды и альдегиды. Часть ОГ через зазоры между поршнем и цилиндром попадает в картер. Картерные газы представляют собой смесь из воздуха, отработавших газов, паров масла и топлива, смываемых со стенок цилиндра дизеля. Картерные газы разжижают и загрязняют масло. Основными их компонентами являются C_xH_y (45-89 %) и альдегиды (до 30 %). В суммарном выбросе токсичных компонентов дизеля доля картерных газов составляет 0,2-0,3 %.

В подземных условиях предпочтительнее использовать разделенные камеры сгорания. которые обеспечивают минимальную концентрацию NO_x и CO.

Существуют следующие способы снижения токсичности ОГ:

1. Изменение угла опережения впрыска топлива на 1/3 от его оптимального значения снижает выброс оксидов азота в 2,5-3 раза при одновременном повышении концентрации сажи и некотором увеличении других токсичных продуктов неполного сгорания. Расход топлива увеличивается на 10 %, мощность не меняется.Способ внедрен на автопоезде МоАЗ-6401-9585 и других машинах.

2. Рециркуляция отработавших газов по впускной трубе приводит к увеличению выброса сажи. В подземных условиях этот способ не применяется.

3. Применение присадок к топливу - антидымных и интенсифицирующих процесс горения. Содержание сажи в ОГ снижается на 70-90 %, канцерогенных веществ - на 60-80 %. Мощность и топливная экономичность дизеля остаются неизменными. Детали цилиндро-поршневой группы практически не изнашиваются. Второй тип присадок из-за их дороговизны не применяется. Используются присадки на основе бария,

марганца, кальция и многокомпонентные присадки, повышающие полноту сгорания топлива и снижающие выброс сажи.

Новая присадка ЭКО-1 обладает высокой эффективностью: обеспечивается снижение дымности (по саже) отработавших газов на основных эксплуатационных режимах в два раза, на режимах средней нагрузки на 30-40 % и на режимах малой нагрузки на 20-30 %. Токсичность ОГ не повышается. Твердые отложения остаточных продуктов сгорания смеси на поверхностях камеры сгорания цилиндро-поршневой группы незначительны, не обладают большой твердостью и не влияют на надежность работы дизеля.

4. Использование нейтрализаторов. Наибольшее распространение на дизелях подземных самоходных машин получили каталитические нейтрализаторы. В качестве катализаторов чаще всего используют соли благородных металлов. Платиновые катализаторы обеспечивают 90 %-ное доокисление оксида углерода и углеводородов. Используется обычно двухступенчатая нейтрализация: каталитический нейтрализатор служит для окисления CO и углеводородов, а жидкостной - для улавливания сажи, альдегидов и оксидов азота. Нейтрализаторы с катализаторами на гранулированном (размер гранул 3-5 мм) керамическом носителе заменяются более совершенными, изготовленными из специальных металлических сплавов. Это обеспечивает в 3-5 раз больший срок службы. Блочные металлические носители в 2-3 раза меньше по габаритам и массе , быстрее разогреваются до рабочей температуры (300 ^{0}C). Такие нейтрализаторы обеспечивают 95-100 %-ную очистку ОГ от оксидов углерода, 60-80 %-ную - от альдегидов и 10-15 %-ную от сажи.

5. Использование присадки к рабочей смеси воды. Проведенные в последние годы исследования показали высокую эффективность снижения токсичности ОГ с помощью добавки ионизированной паровоздушной смеси на впуске двигателя. Разработанное в лаборатории Джезказганского горно-обогатительного комбината устройство работает следующим образом. Во впускном трубопроводе двигателя внутреннего сгорания размещена камера из диэлектрического материала, в которой расположены положительный электрод и распылитель, являющийся отрицательным электродом. Источник питания обеспечивает высокое напряжение постоянного тока на электродах. Распылитель связан с баком через паропровод и водопровод, имеющий фильтр, перепускной трубопровод с предохранительным клапаном. Водопровод оснащен насосом, работающим от двигателя постоянного тока и снабженным

системой автоматического регулирования с термическим выключателем на паропроводе.

После нагрева трубопровода отработавшими газами термический выключатель выключает систему автоматического регулирования. Насос подает воду из бака через фильтр в водопровод и испаритель, где вода перегревается, и через паропровод и распылитель подается в камеру. Под воздействием сильного электрического поля отрицательно заряженные частицы воды устремляются к периферии, к положительно заряженному электроду и, смешавшись с ионизированным воздухом, через впускной трубопровод двигателя внутреннего сгорания поступают в цилиндры в виде ионизированной мелкодисперсной паровоздушной смеси. Если давление в водопроводе превышает допустимое значение, открывается перепускной канал и вода по перепускному трубопроводу поступает в бак.

Ионизирующая камера, кроме своей основной функции - ионизации частиц воды и воздуха, выполняет роль электрического диффузора, способствуя очень сильной диссоциации частиц воды под действием высокого напряжения постоянного тока; это обеспечивает равномерное распределение воды по цилиндрам двигателя внутреннего сгорания.

Экспериментально способ проверен на стенде на двигателе Д-240. Основные результаты заключаются в следующем.

1. Подача ионизированной паровоздушной смеси в цилиндры дизеля оказывает влияние на часовой расход топлива.

2. Значительно уменьшается содержание в ОГ оксидов азота: при подаче ионизированной воды в соотношении от 0 до 1,5 к топливу (по массе) содержание оксидов азота снижается от 0,1 до 0,04 % по объему. Расхождение между теоретическими и экспериментальными данными не превышает 2 %.

3. Минимальное содержание CO обеспечивается при соотношении воды и топлива, равном единице.

4. Содержание сажи и дымность ОГ снижаются значительно: при соотношениях воды и топлива от 0 до 1,15 содержание сажи снижается от 2,7 до 1,7 у.е. Bosch; при увеличении этого соотношения до 1,5 - увеличивается до 2,2 у.е. С увеличением частоты вращения дизеля от 800 до 1950 об/мин концентрация сажи уменьшается от 3 до 1,3 у.е.

Таким образом, подача ионизированной паровоздушной смеси на впуске дизеля повышает мощностные и топливно-экономические показатели и снижает токсичность выбросов: мощность повышается на 4 %, топливная экономичность улучшается на 3 %, выброс оксидов азота уменьшается в среднем на 46 %, оксидов углерода - на 5 %, сажи - на 37 %.

Расширению масштабов использования самоходного оборудования с дизельным приводом и повышению его эффективности будет способствовать создание малотоксичных дизелей и эффективных средств газоочистки. Малотоксичные дизели могут быть созданы на базе использования в качестве топлива газообразного или сжиженного водорода.

Радикальным направлением является переход с дизельного на электрический привод, что не только снизит в целом расход топлива, но и уменьшит затраты на вентиляцию выработок и создаст благоприятные условия для автоматизации транспортных работ. Для этого необходимо совершенствовать самоходное оборудование в направлении увеличения вместимости кабельного барабана, повышения его маневренности. Переход на самоходное оборудование с электрическим приводом в последние годы становится реальностью на ряде крупных рудников России. Например, отработка нижних горизонтов мощного апатитового месторождения на Кольском п-ове ведется с использованием машин только с электроприводом. Недостатком применения таких машин является необходимость устройства тяговых подстанций и наличие электрического кабеля, что существенно снижает скорость и маневренность машин.

Однако существующая тенденция не означает полного отказа от самоходных машин с дизельным приводом. Для машин и с электрическим и с дизельным приводом существуют наиболее рациональные условия применения, при которых достигается максимальный эффект. В условиях конкуренции оба типа машин будут постоянно совершенствоваться.