

использовании олигосилоксанов и нитросоединений. Эффект их совместного действия составил 52...63 % отн.

Соответствие результатов лабораторных испытаний реальным в условиях дизеля установлено предварительными исследованиями.

Эффективность действия композиций присадок объясняется комплексным воздействием компонентов на процессы, протекающие при сгорании в дизеле: кислород- и азотсодержащие соединения, являющиеся промоторами горения, позволяют управлять преимущественно химическими процессами, а поверхностно-активные вещества улучшают качество смесеобразования, экранируют поверхность металла, проявляют моющее действие, то есть позволяют целенаправленно воздействовать на физические процессы образования отложений.

УДК 662.75:662.613

## **ВЛИЯНИЕ ПРИСАДОК НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ УТИЛИЗАЦИИ ГОРЮЧЕГО НА СОСТАВ И СТРУКТУРУ НАГАРООБРАЗОВАНИЯ**

Ю.М. Применов, доктор технических наук  
С.Н. Волгин, кандидат технических наук,  
А.В. Улитко  
(ВАГТ, С.-Петербург)

При сгорании топлив в дизелях на стенках камеры сгорания, деталях цилиндра-поршневой группы, игле и распылителе форсунки образуются высокотемпературные отложения (ВТО) (нагар, лак), которые снижают эффективность работы двигателя. Одним из перспективных путей снижения количества ВТО является применение присадок к топливу. Изучение механизма действия присадок возможно на основе анализа химического состава ВТО.

Проведены исследования состава образцов ВТО, полученных на металлических пластинах в результате термоокислительных превращений топлива З-0,2-35 (ГОСТ 305-82) (образец

алифатического спирта (0,01 % масс.) (образец 2), на основе метилен-бис-диметилаллилгидразина и алифатического спирта (0,1 % масс.) (образец 3).

По результатам испытаний на лабораторной установке, моделирующей условия в камере сгорания дизеля, установлено, что присадки эффективно снижают массу отложений (на 44 % отн. и 50 % отн. соответственно в образцах 2 и 3).

Химический послыйный анализ ВТО осуществлялся на экспериментальном стенде с использованием методов электронной Оже-спектроскопии (ЭОС), рентгеноэлектронной спектроскопии (РЭС), вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС) в соответствии с разработанной методикой.

На Оже-спектрах приповерхностной области ВТО (на глубине 5...20 Å) образцов 1-3 ясно видны пики, сдвинутые относительно энергии источника на величину 272, 510 и 603 эВ, соответствующие Оже-переходам в атомах углерода, кислорода и железа. Содержание этих элементов на поверхности ВТО подтверждено методами РЭС и ВИМС.

Дальнейшие исследования состава ВТО проводились на глубинах 50, 100, 150, ..., 500 Å после распыливания поверхности ионами  $Ag^+$ . В результате исследования установлено: на глубинах от 100 до 300 Å в образце 1 обнаружено содержание серы, а начиная с глубины 100 Å с помощью метода РЭС в спектрах ВТО всех образцов дополнительно обнаружен азот. Из зависимостей концентрации элементов от глубины установлена толщина слоя ВТО. При «выходе» на подложку резко увеличивается концентрация железа, уменьшается концентрация углерода. Для образца 1 толщина ВТО составляет примерно 500 Å, образца 2 – 200 Å, образца 3 – 150 Å.

Установлено содержание химических элементов (углерода, кислорода, железа, азота и серы) в зависимости от расстояния от поверхности отложений. Концентрация углерода снижается с 90 % отн. на поверхности до 40 % отн. на подложке, кислорода – сначала возрастает с 8 % отн. на поверхности до 22 % отн. в приповерхностном слое и затем снижается до 6 % отн. при выходе на подложку. Концентрация железа в образце 1 возрастает от 13

% отн. на глубине 300 Å до 52 % отн. на подложке, в образце 2 – от 13 % отн. на глубине 150 Å до 67 % отн. на подложке, в образце 3 - от 1 % отн. на глубине 50 Å до 47 % отн. на подложке. Содержание азота, начиная с глубины 100 Å, для всех образцов остается постоянным и составляет 5 % отн. Содержание серы снижается с 7 % отн. на глубине 100 Å до 2 % отн. на глубине 300 Å.

С помощью метода РЭС определены валентные состояния элементов и типы химических соединений, в которых они находятся. Общим для всех образцов является то, что соединения железа в отложениях находятся практически на всех глубинах. На границе с подложкой это, в основном, окислы двух- и трёхвалентного железа, при удалении от подложки железо находится в металлоароматических, карбонатных, карбоксильных и азотистых соединениях. Основу ВТО составляют карбены и карбонды, которые находятся, в основном, в средних слоях и ближе к подложке, содержание смол, оксикислот и асфальтенов обнаружено в приповерхностных и средних слоях, а окислов углерода – в приповерхностных слоях.

Снижение в образцах 2 и 3 толщины ВТО и отсутствие в них серы позволяет предположить, что введение в топливо присадок, являющихся промоторами горения, способствует более полному протеканию термоокислительных превращений углеводородов и выносу продуктов сгорания с отработавшими газами. Для получения более полной информации о химическом составе ВТО требуется разработка специальных внутренних эталонов для точного определения кинетической энергии в матрицах ВТО.