Моделирование рабочих процессов тепловозных дизелей и процессов образования токсических веществ

Климова Е.Н.

Самарский государственный университет

В современном мире наблюдается тенденция к постоянному ужесточению экологических норм. Резкое ухудшение экологической ситуации во многих странах мира заставило обратить внимание на загрязнение окружающей среды вредными выбросами от транспортных дизелей, используемых на железнодорожном транспорте, которое раньше считалось неизбежным и допустимым. Соответствие дизеля нормам по токсичности в сочетании с предельно низким удельным эффективным расходом топлива во многом определяет конкурентоспособность двигателя. Принятые в ЕС нормы «Евро» (для железнодорожного транспорта Euro 0, Euro 1, Euro 2 и т.д.), на которые ориентируются крупнейшие двигателестроительные корпорации, стали международными и, по сути, определяют все развитие двигателестроения. Совершенствование рабочего процесса тепловозных дизелей является основой для снижения токсичности на железнодорожном транспорте, повышения топливной экономичности, снижения затрат на топливно-экономические ресурсы.

Выполнение требований этих новых норм на выбросы вредных веществ, соответствие Европейским стандартам по токсичности ОГ требует проведения целого комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по усовершенствованию конструкции дизелей и их систем. Решение проблем повышения технико-экономических показателей и экологической безопасности связано с глубоким анализом физико-химических процессов в цилиндрах дизелей. Показатели дизеля в полном жизненном цикле также в значительной мере зависят от его характеристик в процессе эксплуатации. На ранних стадиях проектирования для выбора концептуальных решений по конструкции и при их доводке, а также для проведения оценки показателей в полном жизненном цикле целесообразно использовать математические модели процессов, происходящих в цилиндре дизеля.

Математические модели должны обеспечивать решение следующих задач:

- исследование и обоснование параметров организации процессов в двигателе; предварительная оптимизация параметров рабочего процесса для повышения топливной экономичности и снижения токсичности (за счет выбора параметров) при отсутствии опытных данных, которые необходимы для идентификации модели;
- исследование рабочего процесса дизеля (уже принятой конструкции) при его проектировании, испытаниях, доводке; оптимизация параметров топливной аппаратуры, отдельных систем, формы камеры сгорания для обеспечения высокого КПД и снижения выбросов вредных веществ.

Выбор различных конструктивных и регулировочных параметров дизеля нуждается в теоретическом и практическом обосновании. И как показывает практика, только доводка рабочих процессов в транспортных дизелях за счет выбора конструктивных и регулировочных параметров двигателя и его топливной аппаратуры не позволяет решить задачу снижения токсичности отработавших газов до уровня нормативов Euro 4 при сохранении на высоком уровне топливной экономичности. В связи с этим требуется разработка новой организации рабочих процессов в дизельном двигателе. Ведущие мировые производители используют для достижения соответствия этим целям новейшие конструктивные решения и наукоемкие технологии, сложные алгоритмы управления рабочим процессом двигателей. Дальнейшее ужесточение норм потребует внесения существенных изменений в конструкцию дизеля для обеспечения более совершенного с термодинамической и экологической точек зрения рабочего процесса, применения систем нейтрализации отработавших газов. Следует учитывать, что при выполнении нормативов по токсичности отработавших газов лимитирующими всегда оказываются выбросы окислов азота и твердых частиц [5].

В 1906 году В.И. Гриневецкий предложил метод теплового расчета, который в дальнейшем был развит и дополнен Е.К. Мазингом, Н.Р. Брилингом, Б.С. Стечкиным, И.И. Вибе, Н.Ф. Разлейцевым, В.А. Звоновым и многими другими учеными. Сущность этого метода заключалась в том, что вместо двух общих поправочных коэффициентов (первого - для перехода от теоретического среднего индикаторного давления к действительному и второго – для перехода от теоретического коэффициента полезного действия к действительному) В.И. Гриневецкий ввел целый ряд частных параметров для отдельных элементов теплового расчета, которые были найдены путем анализа экспериментальных исследований. Уровень указанных разработок был настолько высок, что основные методы расчетов применяются и в настоящее время.

Известные на настоящий момент модели смесеобразования и сгорания чрезвычайно разнообразны. Существенные различия взглядов авторов касаются, в частности, характера