

Температуры нагрева контактной сети были разделены на 2 класса: в первый вошли значения температуры проводов, у которых значения температуры не превышали $+100^{\circ}\text{C}$, и во второй – значения температуры проводов более $+100^{\circ}\text{C}$, общий объем выборки составил $N = 1428$.

Для определения непрерывного теоретического закона распределения температуры проводов к эмпирическому представляется возможным применить метод максимума функции правдоподобия. Для этой цели для нормального и логарифмически-нормального законов распределения случайной величины были рассчитаны: m и (lna) – математическое ожидание, δ^2 и (δ^2_{ln}) – дисперсия, L – функция правдоподобия. Гистограмма значений температур для первого класса была разбита на 70 рядов, для второго – на 59 рядов.

В результате расчетов оказалось: для нормального распределения первого класса $m = 26,6$; $\delta^2 = 956,5$; $L = 5,567 \cdot 10^{-138}$, для второго класса: $m = 140,84$; $\delta^2 = 905,86$; $L = 8,277 \cdot 10^{-115}$; для логарифмически-нормального распределения для первого класса $m = 3,08$; $\delta^2 = 1,108$; $L = 1,1 \cdot 10^{-228}$, для второго класса $m = 4,94$; $\delta^2 = 0,043$; $L = 2,55 \cdot 10^{-214}$.

Сопоставления этих значений позволяет утверждать, что исходная выборка принадлежит нормальному закону. Для проверки соответствия значений температур, распределяющихся по нормальному закону, используем критерий согласия Пирсона χ^2 . После необходимо определить число степеней свободы r , от которого зависит χ^2 . Для выборки $N_1 = 1325$, мера расхождения $\chi^2 = 107,75$ и для $N_2 = 103$ – $\chi^2 = 69,64$.

По таблице математической статистики предельного распределения χ^2 для степеней свободы $r_1 = 68$ и $r_2 = 57$ определим вероятность того, что величина, распределенная по закону χ^2 , превзойдет это значение. Эта вероятность получилась равной $P_1 = 0,005$ и $P_2 = 0,1$, т.е. малой, и поэтому гипотезу о распределении температуры проводов по нормальному закону нельзя считать правдоподобной.

УДК 629.424.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СГОРАНИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

В. Л. ДВОРКИН

Петербургский государственный университет путей сообщения

Сложный процесс горения углеводородных топлив в воздушной среде, осуществляемый в двигателях внутреннего сгорания, обычно сопровождается побочным эффектом образования вредных веществ. В частности, при сгорании топлива имеет место образование и выброс в атмосферу окислов азота и серы, окиси углерода, альдегидов, полициклических ароматических углеводородов и других токсических веществ.

Проследить детально весь процесс образования вредных веществ в цилиндре двигателя не удается по двум главным причинам. Во-первых, окисление углеводородов в воздухе и образование побочных продуктов протекает по сложной, многостадийной цепочке химических реакций. В зависимости от условий в зоне горения конечные продукты реакций могут образоваться несколькими возможными путями. Во-вторых, процесс самовоспламенения имеет случайный характер, а сгорание протекает по диффузионному механизму, в условиях крайне неравномерных концентрационных полей. В этих условиях флуктуации локальных значений физических величин рабочего тела становятся настолько большими, что делают невозможным достоверное предсказание характера развития процессов в отдельном рабочем цикле. Использование же статистических усредненных значений приводит к неправильным предсказаниям о важности роли отдельных параметров. Поэтому нужен дифференцированный подход: усредненные значения одних параметров использовать вместе со значениями других параметров, определяемыми для данного рабочего цикла.

Рассматривая процесс образования вредных веществ в цилиндре дизеля, мы не имеем возможности точно сформулировать задачу математической физики, учитывая все конструктивные особенности двигателя. Поэтому вместо точной формулировки и решения краевой задачи математической

физики более целесообразно рассматривать математическую модель, выделяющую главные процессы в кинетике образования вредных веществ.

Известно, что снижение токсичности отработанных газов сопровождается ухудшением эффективных и экономических характеристик двигателя, поэтому образование вредных веществ рассматривается в неразрывной связи с протеканием индикаторного процесса.

Как показывают расчеты, при неоднородном горении неравномерность определяется в первую очередь более быстрыми внутренними процессами, чем изменение объема вследствие движения поршня в цилиндре. Поскольку скорости внутренних процессов в цилиндре соизмеримы со скоростями химических реакций, то неравномерность определяет кинетику образования вредных веществ. Имеющиеся алгоритмы недостаточно приспособлены к решению поставленных задач и нуждаются в дальнейшем совершенствовании. Полуэмпирические выражения для режимов релаксации в этих условиях могут найти более универсальное применение.

Моделью определяются химический состав продуктов сгорания и термодинамические характеристики рабочего тела в течение всего периода. Особое внимание уделяется процессу образования токсических веществ. Это обусловлено их ролью в составе отработавших газов двигателей.

Изменяя определенным образом исходные данные, например, закон подачи и выгорания топлива, параметры начального состояния, количество и химический состав заряда, теплоотвод в стенки, ограждающие камеру сгорания, продолжительность цикла, а также пространственно-переменное распределение выделяемого тепла массе заряда, можем модельный процесс приблизить к реально протекаемому в двигателе. Благодаря этому становится возможным исследовать влияние различных факторов, не прибегая к проведению эксперимента. Такой набор исходных данных позволяет имитировать численными методами неравномерность концентрационных и температурных полей в зоне диффузного горения, чем, в основном, и отличается данная модель от известных.

Прежде чем приступить к подробному описанию алгоритмов модели, суть ее изложим, выделяя три основных этапа:

1 Вычисляется тепловое состояние газовой смеси, возникающее в результате сгорания определенного количества топлива. Будем считать, что топливо подается небольшими порциями через достаточно большие интервалы времени и сгорает стехиометрически. Горение идет без регенерации продуктов сгорания в углеводороды, а в появляющиеся продукты сгорания диссоциированы почти как в равновесных условиях (для дизелей $T \leq 3000$ К и диссоциация мало меняет энтальпию газовой смеси).

2 Рассматривается кинетика превращения химических компонентов в свободное от горения время, вызванная тепловым воздействием сгоревшего топлива. Отличительной чертой этих процессов является отсутствие химического равновесия. Большая часть вредных веществ при низкотемпературном горении. С повышением температуры $T < 3500$ К изменение физического равновесия способствует увеличению количества только окиси азота. Когда высокотемпературное состояние газовой смеси нарушается быстрым охлаждением, то равновесие может не успеть установиться. В этом случае при пониженных температурах обнаруживается увеличенное, по сравнению с равновесным, количество окиси азота.

Другие же вредные вещества, как, например, CO , в больших количествах образуются при умеренных температурах, т.е. в конечной стадии рабочего цикла. Поэтому для оценки выброса всех вредных веществ приходится следить за кинетикой их образования в течении всего цикла.

Далее рассматривается система из 32 химических реакций между компонентами: N_2 , NO , N , CO_2 , CO , H_2O , H_2 , H , O_2 , O , OH . Соответствующие уравнения химической кинетики зависят от температуры. Процессы в камерах сгорания не настолько медленные, чтобы все время устанавливалось химическое равновесие, поэтому смысл температуры не совсем определен, также как и не вполне ясна роль активации разных степеней свободы молекул. В то же время приходится пользоваться экспериментальными значениями скоростей химических реакций, содержащими температуру. В данной модели она ближе к температуре поступательного движения молекул.

3 Оценивается неравномерность концентрационного и температурного полей в пределах всего объема камеры сгорания. Как известно, имеются попытки определения химических реакций. Однако поля течений и адиабатичность течений с учетом неравномерности химической кинетики использование этих методов поставило бы рассматриваемую модель на предел вычислительных возможностей. Сперва условно разделяется весь объем камеры сгорания на большое количество

однородных частей, различающихся температурным режимом, плотностью газовой смеси и др., а потом объединим их в группы с близкими физическими параметрами. Получается ряд групп, причем в одну группу могут попасть пространственно не связанные части объема. По форме задача становится многогрупповой.

УДК 629.423.1: 656.5

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Д. В. ДОРОЩУК, В. Н. ГАЛУШКО

Белорусский государственный университет транспорта

Задача повышения надежности устройств электроснабжения электрического транспорта является исключительно актуальной, так как каждое повреждение в них приводит к увеличению числа и продолжительности задержек подвижного состава, а это, в свою очередь, приводит к большим экономическим убыткам.

Решающими факторами повышения надежности являются глубокий всесторонний анализ в службах электроснабжения и на участках энергоснабжения повреждений, объективная оценка причин и разработка конкретных организационно-технических мероприятий по их предотвращению.

Дальнейшее повышение надежности работы устройств электроснабжения, предотвращение повторяемости случаев нарушения их работы требуют полной и достоверной информации о нарушениях нормальной работы этих устройств. Таким образом, первоочередной задачей для повышения надежности системы электроснабжения является организация сбора информации о нарушениях и ее анализ.

На Белорусской железной дороге, как и на городском электрическом транспорте, утвержденных в установленном порядке форм учета повреждений в системе электроснабжения нет. Для сбора и передачи информации о надежности этих систем на железной дороге используются методические указания по классификации, расследованию, учету и анализу нарушений нормальной работы устройств электроснабжения железных дорог от 1991 года. Анализ данной методики позволил сделать следующие выводы:

- в документах неправильно трактуются основные термины «повреждение» и «отказ», при этом они отождествляются. Это может вызвать затруднения при классификации оперативным и ремонтным персоналом каждого конкретного незапланированного события. Иногда одна и та же по характеру и по причинам возникновения неисправность в зависимости от конкретных условий может по-разному отразиться на движении поездов, т. е. это событие может быть отнесено либо к «отказу», либо к «повреждению». Поэтому необходимо внести в документы изменения относительно определения этих терминов в соответствии с ГОСТ 27.002-89;

- все нарушения нормальной работы классифицируются лишь на группы отказов, происшедшие по вине: подразделений хозяйства электроснабжения; других организаций (железнодорожных, электроснабжающих, строительных, посторонних железнодорожному транспорту). В каждом из перечисленных групп отказов различают случаи, вызвавшие или не вызвавшие задержку в движении поездов. Классификация отказов лишь по указанным признакам далеко не всегда даст возможность определить (констатировать) истинные причины возникновения отказов, а главное – затрудняет уяснить, на какой стадии создания и эксплуатации устройств электроснабжения следует проводить необходимые мероприятия по устранению причин отказов. Для того чтобы усовершенствовать процесс управления надежностью, необходимо внести в методику 1991 года классификационный признак, определяющий источник (причину) возникновения отказа. Этому признаку, согласно ГОСТ 27.002-89, соответствуют отказы: конструктивный, производственный, эксплуатационный, деградационный, зависимый, независимый;

- оперативная информация в формах учета случаев нарушения нормальной работы устройств электроснабжения не содержит в себе данных, которые можно было бы использовать для количественной оценки надежности этих устройств.