

тем наддува // Сб. докл. межд. науч.-тех. конф. «Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве», посвященной 75-летию факультета морской и авиационной техники НГТУ им. Р.Е. Алексеева.– Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2009.– С. 302-314.

4. Формирование гидравлической характеристики дизеля для автомобиля ЕВРО 4 с полной массой до 3,5 т. / В.Л. Химич, А.Д. Блинов, Д.В. Епифанов // Матер. XII межд. науч.-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей».– Владимир: ВлГУ, 2010. – С. 294-298.

5. Каталог ТКР [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье <http://www.turbobygarrett.com/turbobygarrett/products/catalog.html>.

6. Епифанов Д.В. Методика управления РСА ТКР с целью получения требуемой ВСХ автомобильного дизельного двигателя удовлетворяющей современным экологическим и экономическим требованиям // Матер. докл. межд. конф. «Двигатель-2007», посв. 100-летию школы двигателестроения МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М.: МГТУ им Н.Э. Баумана, 2007. – С. 459-462.

РАСЧЕТ СОДЕРЖАНИЯ НЕСГОРЕВШИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ДВС С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Гибадуллин В.З. (Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С.Мальцева)

Разработанный в ВолгГТУ рабочий процесс ДВС с искровым зажиганием и локальным расслоением заряда [1] позволяет обеспечить работу двигателя на обедненной смеси во всем диапазоне частичных нагрузок и на холостом ходу. При этом и повышение стабильности рабочего процесса и эффективности воспламенения смеси достигается за счет локальной подачи в область электродов свечи зажигания микропорций газообразного топлива (водорода, метана, пропана и т.д.) непосредственно перед созданием искрового разряда.

Такая организация рабочего процесса позволяет улучшить топливную экономичность ДВС и снизить концентрацию несгоревших углеводородов C_xH_y в отработавших газах (ОГ) вследствие уменьшения количества пропусков воспламенения. Однако чрезмерное обеднение смеси на указанных режимах может сопровождаться ростом количества несгоревших углеводородов, образующихся в пристеночных слоях камеры сгорания (КС). Это обстоятельство ограничивает возможность обеднения смеси и требует проведения дополнительных исследований для поиска оптимальной величины такого обеднения.

Проведение экспериментов, направленных на всестороннее исследование созданного рабочего процесса, сопряжено с большим объемом материальных и трудовых затрат. Существенного ускорения исследований и сокращения их объема можно достичь, используя широкие возможности, которые предоставляет современная компьютерная техника и ее программное обеспечение, при условии достаточно адекватного математического описания процессов, происходящих внутри цилиндра ДВС.

Для решения этой задачи разработана относительно несложная математическая модель, позволяющей описать формирование в процессе сгорания в цилиндре ДВС трех наиболее значимых токсичных компонентов ОГ: несгоревших углеводородов C_xH_y , оксидов азота NO_x и оксида углерода CO . В настоящей работе рассмотрена методика расчета концентрации в ОГ лишь несгоревших углеводородов.

В соответствии с современными научными представлениями выделены три основных источника образования несгоревших углеводородов в КС ДВС:

- тонкий слой несгоревшей топливовоздушной смеси в пристеночных зонах КС, где вследствие охлаждающего действия стенок горение смеси прекращается;

- топливовоздушная смесь, попавшая в ходе сжатия и последующего роста давления в процессе сгорания в зазоры (в первую очередь, это кольцевой объем между поршнем и гильзой цилиндра от края днища поршня до компрессионного кольца) и другие области КС, куда фронт пламени не может проникнуть;

- топливовоздушная смесь, поступившая в цилиндр и не сгоревшая вследствие пропуска воспламенения при ее излишнем обеднении или обогащении либо разбавлении большим количеством ОГ (последнее характерно для режимов глубокого дросселирования и холостого хода).

Моделирование образования C_xH_y осуществляется следующим образом. Полагается, что фронт пламени распространяется от источника зажигания по топливовоздушной смеси и под воздействием турбулентных пульсаций искривляется и разрывается на отдельные горящие очаги. Вследствие этого четкой границы между сгоревшей и несгоревшей частями заряда нет. Зона горения, где протекают интенсивные химические реакции, имеет некоторую протяженность. Впереди она ограничена условной сферической поверхностью, огибающей наиболее вытянутые «языки» пламени, сзади – условной поверхностью, за которой находятся только продукты сгорания. Передняя граница зоны горения перемещается по смеси с турбулентной скоростью, скорость перемещения задней границы зоны определяется интенсивностью выгорания турбулентных молей, которое протекает по поверхностному механизму.

При подходе пламени к относительно холодным стенкам КС оно гаснет, и у этих поверхностей остается тонкий слой несгоревшей смеси, являющийся источником C_xH_y . При расчете его толщины δ использована формула, предложенная Ф.Вильямсом для определения гасящего расстояния и примененная к одиночной поверхности:

$$\delta = \frac{a \cdot \lambda}{2 \cdot c_p \cdot \rho \cdot u_H},$$

(1)

где a – коэффициент; λ – коэффициент теплопроводности смеси; c_p – изобарная массовая теплоемкость; ρ – плотность смеси.

Учет в модели другого источника C_xH_y - топливовоздушной смеси в зазоре между поршнем и гильзой цилиндра – основан на следующей физической картине. Количество смеси в указанном зазоре, имеющем постоянный объем, увеличивается с ростом давления в процессе сжатия и последующего сгорания. При движении поршня к нижней мертвой точке и соответствующем уменьшении давления часть этой смеси, расширяясь, возвращается в КС и принимает участие в реакциях горения, но лишь если при истечении из зазора она попадает в область свежего заряда перед фронтом пламени или в зону реакций. В противном случае она оказывается в зоне продуктов сгорания, где химические реакции уже практически прекратились, и ее эффективного химического преобразования не происходит. То есть источником образования C_xH_y становится лишь смесь, остающаяся в указанном зазоре за задней границей перемещающейся зоны реакции.

Зона контакта реагирующей смеси со стенками КС непрерывно меняет свое положение в связи с движением пламени по топливовоздушной смеси, расширением продуктов сгорания и перемещением поршня. Кроме того, величины парамет-

ров, входящих в формулу (1) зависят от давления и температуры. Следовательно, толщина δ , а значит приращение объема и массы несгоревшей смеси в пристеночном слое в каждый момент времени зависят от угла поворота коленчатого вала, а также от формы, площади и динамики перемещения зоны контакта реагирующей смеси со стенками, определяемых ее мгновенным положением в КС. От этих же факторов зависит и количество смеси, остающееся в зазоре между поршнем и цилиндром.

Для учета их влияния используется математическая модель [2], позволяющая описать геометрию КС ДВС и положение фронта пламени в ней, а также рассчитать площадь контакта зоны горения с поверхностями поршня, головки и стенок цилиндра при любом ее расположении в КС. Такой подход обеспечивает возможность учета влияния динамики процесса сгорания на образование C_xH_y в КС ДВС.

Изменение по углу поворота коленчатого вала массы несгоревших углеводородов, образовавшихся в пристеночном слое и в зазоре между поршнем и гильзой цилиндра, рассчитывается с учетом топливовоздушного отношения по формуле:

$$\frac{dm_{CH}}{d\varphi} = \frac{p}{R \cdot T \cdot (1 + \alpha \cdot L_0)} \cdot \left(\delta \cdot \frac{dF_c}{d\varphi} + \frac{dV_z}{d\varphi} \right),$$

где p – давление в КС; R – газовая постоянная; T – температура смеси в пристеночном слое; F_{ct} – суммарная площадь поршня, головки и стенок цилиндра за задней границей турбулентной зоны горения; V_z – объем кольцевого зазора за задней границей зоны горения.

Для учета третьего источника образования C_xH_y , а именно циклов с пропусками воспламенения, использована разработанная с участием автора математическая модель процесса зажигания топливовоздушной смеси [3]. Она позволяет спрогнозировать, воспламенится ли смесь в заданном сочетании начальных условий, а в случае ее воспламенения рассчитать продолжительность развития начального очага до перехода его в стадию развитого турбулентного горения, т.е. определить продолжительность начальной фазы процесса сгорания.

Известно, что межцикловые вариации продолжительности начальной фазы сгорания чаще всего являются причиной межцикловой неидентичности процесса сгорания в целом. Поэтому последовательный расчет ряда циклов с различной продолжительностью начальной фазы сгорания либо с пропуском воспламенения (при одинаковых прочих режимных параметрах) позволяет учесть влияние неидентичности последовательных циклов на выходные показатели работы ДВС (в том числе и на содержание C_xH_y в ОГ). Умножая выходные показатели каждого из рассчитанных циклов на вероятность его появления, можно получить осредненные для рассматриваемого режима показатели работы двигателя с учетом межцикловой неидентичности процесса сгорания:

$$X_{jcp} = X_{ji} \cdot P_i,$$

где X_{jcp} – осредненное по ряду последовательных циклов значение j -го выходного параметра; X_{ji} – значение j -го выходного параметра (в том числе и концентрации C_xH_y) в i -том цикле; P_i – вероятность появления цикла с i -той продолжительностью начальной фазы сгорания при работе ДВС на заданном режиме.

Описанная математическая модель реализована в виде компьютерной программы. Она позволяет контролировать динамику накопления в процессе сгорания токсичных компонентов ОГ, анализировать влияние на их образование различных конструктивных и эксплуатационных факторов, режима работы ДВС, его неисправностей и т.д.

Программа может быть использована для решения сложных поисковых задач при оптимизации рабочего процесса ДВС с искровым зажиганием с целью повышения его экономических и экологических показателей, разработки, исследования и доводки новых, нетрадиционных рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания с локальным расслоением заряда, с использованием альтернативных топлив и т.д.

Литература:

1. Злотин, Г.Н. Если водород добавлять в конце такта сжатия / Г.Н.Злотин, В.З.Гибадуллин // Автомобильная промышленность. – 1995. - №11. – С.21-23.

2. Варлаков, А.А. Расчет геометрических параметров распространения фронта пламени в камере сгорания ДВС / Варлаков, А.А., Верхотуров Д.А., Гибадуллин В.З. // Повышение эффективности и безопасности автотранспортных средств в эксплуатации: сб. науч. тр. - Курган: Изд-во Курганского государственного университета, 2005. – С. 27-31.

3. Гибадуллин, В.З. Организация рабочего процесса ДВС с внешним смесеобразованием и локальной подачей микродобавок водорода в область межэлектродного зазора свечи зажигания: дис. канд. техн. наук / Гибадуллин В.З. – Волгоград, 1992. – 206 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЦИЛИНДРЕ ДВС С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ FLUENT

Горшкалев А.А., Кривцов А.В., Сайгаков Е.А., Сморкалов Д.В. (Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева)

В современном мире при проектировании двигателей внутреннего сгорания необходимо учитывать следующие требования: минимизирование затрат материальных средств и времени. Вследствие чего для расчета и конструирования двигателей внутреннего сгорания необходимо пользоваться современными компьютерными технологиями, которые позволяют обеспечить моделирование процессов протекающих в цилиндре ДВС.

Характеристики двигателя и конструктивные особенности зависят от рабочих процессов в цилиндре двигателя [1]. Для исследования таких процессов был выбран ДВС Мерседес М115. Первоначально была построена двухмерная модель камеры сгорания с частью впускного и выпускного коллекторов. Клапаны были построены в положении перекрытия при нахождении поршня в верхней мертвой точке.

Модель была разбита на 6 зон: зоны во впускном и выпускном коллекторах, зоны между седлами клапанов и клапанами, камера сгорания, часть камеры сгорания над поршнем высотой 1 мм.

На рисунке 1 представлена модель с наложенной сеткой. В зоне камеры сгорания была наложена треугольная сетка с размером ячейки равным 0,2 мм, достаточным для расчета горения в первом приближении. Часть камеры сгорания над поршнем и зоны между седлами клапанов и клапанами разбиты прямоугольной сеткой с таким же размером ячейки (рисунок 2). Во впускном и выпускном коллекторах наложена прямоугольная сетка с размером ячейки равным 1 мм и уменьшенная до 0,2 мм около щели клапана [3].

На впускном и выпускном коллекторах заданы граничные условия давления.