

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРСИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ПО СРЕДНЕМУ ЭФФЕКТИВНОМУ ДАВЛЕНИЮ

Н.А. Иващенко, д-р техн. наук, И.Н. Алиев, д-р физ.-мат. наук,

Г.А. Базанчук, инж., Хоссан Хоссам, асп.,

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,

г. Москва, Россия

В последние годы поршневые двигатели в острой конкурентной борьбе с другими видами тепловых двигателей и силовых установок сделали новый уверенный шаг в повышении своих основных показателей качества: удельной мощности, экономичности, надежности и экологических характеристик и стоимости изготовления. Особенно значительные успехи достигнуты в развитии автомобильных двигателей. При этом характерно, что при их совершенствовании были использованы давно известные технические решения, разработанные ранее в авиационном и специальном двигателестроении. Однако все эти решения, оптимизированные применительно к условиям массового производства, позволили при жестких законодательных ограничениях на экологические характеристики не только сохранить свои преимущества по экономичности, но и улучшить показатели по надежности при незначительном повышении стоимости изготовления. Логика развития транспортных средств и законодательные ограничения по выбросам CO_2 требуют создания облегченных транспортных средств, что в свою очередь требует использования легких двигателей с высоким форсированием по среднему эффективному давлению. Из всех известных способов увеличения удельной мощности наиболее эффективным, по-прежнему, остается наддув.

Из проблем, с которыми двигателестроители сталкиваются при форсировании двигателей по давлению наддува, по-прежнему остаются главными проблемы

ограничения роста тепловой и механической напряженностей. Важным является выбор стратегии форсирования по среднему эффективному давлению, которая должна учитывать требования рациональной организации рабочего процесса с точки зрения экономичности, экологического ущерба, а также показателей тепловой и механической напряженностей.

Эта задача может быть решена методом математического моделирования с использованием комплексной математической модели, описывающей рабочий процесс в цилиндре двигателя, а также процессы теплопередачи в деталях, образующих камеру сгорания. Впервые такая комплексная математическая модель была создана на КТЗ [1]. Процесс в цилиндре моделировался по методу ЦНИДИ, а распределение температуры в поршне и втулке цилиндра рассчитывалось в осесимметричной постановке методом конечных разностей. Более современный метод совместного моделирования рабочего процесса в цилиндре дизеля и температурных полей в деталях, образующих камеру сгорания, был разработан в МВТУ им. Баумана [2]. В этой работе модели рабочего процесса и теплообмена в цилиндре, а также теплопроводности деталей камеры сгорания объединены в комплекс связанных по входу и выходу моделей, в котором реализуется процесс итерационного взаимодействия моделей.

В настоящей работе для оценки эффективности различных методов форсирования автомобильного дизеля использована комплексная модель, предложенная в работе [2]. В комплексную модель вошла

квазистационарная термодинамическая модель процессов в цилиндре, которая была идентифицирована.

Для моделирования температур в деталях модель камеры сгорания представлена ансамблем оболочечных конечных элементов (днище крышки - пластина переменной толщины, гильза цилиндра и поршень - тела вращения). Для расчета локальных характеристик теплообмена между поршнем и втулкой цилиндров конечно-элементная модель поршня имитирует возвратно-поступательное движение относительно конечно-элементной модели втулки. Таким образом учитывается движение поршня и формирование эпюр тепловых нагрузок на поверхностях втулки цилиндра, поршня и поршневых колец.

При моделировании рабочего процесса определяется необходимая информация для расчета тепловых нагрузок на поверхностях деталей камеры сгорания, в свою очередь тепловые нагрузки являются исходной информацией для расчета теплового состояния камеры сгорания, а полученное тепловое состояние используется как исходная информация для уточненного расчета рабочего процесса. После выполнения нескольких итераций рабочий процесс двигателя оказывается согласованным с тепловым состоянием его деталей.

С использованием предложенной комплексной модели выполнен анализ различных способов форсирования автомобильного дизеля ЧН 130/140 со свободным турбокомпрессором. Рассмотрены варианты форсирования по давлению наддува без промежуточного охлаждения воздуха при постоянной степени сжатия, с промежуточным охлаждением и постоянной степенью сжатия, с промежуточным охлаждением воздуха и с ограничением максимального давления сгорания (переменная степень сжатия), а также вариант форсирования с промежуточным охлаждением воздуха, ограничением максимального давления сгорания и внутренним охлаждением (цикл Миллера).

Давление сгорания ограничивалось величиной 160 бар. Результаты моделирования показали, что с точки зрения тепловой напряженности наиболее эффективен вариант форсирования с промежуточным охлаждением воздуха и ограничением степени сжатия. В этом варианте температура в зоне верхнего поршневого кольца при форсировании до P_e 18 бар не превысила 220°C , в то время как в варианте форсирования двигателя с постоянной степенью сжатия и без охлаждения воздуха после компрессора температура в поршне в зоне верхнего поршневого кольца выросла до 265°C . Однако с точки зрения экономичности наилучший результат дал вариант форсирования при постоянной степени сжатия с охлаждением воздуха после компрессора.

Предложенная комплексная модель может быть использована для поиска технических решений по конструкции деталей цилиндро-поршневой группы и параметров системы охлаждения двигателей.

Литература

1. Ли Ден Ун. Совместное моделирование на ЭВМ рабочего процесса в цилиндре и теплонапряженного состояния деталей цилиндро-поршневой группы дизеля // Двигателестроение.- 1979.- № 12.- С. 9 - 12.
2. Методика совместного моделирования рабочего процесса и теплового состояния адиабатного двигателя // Изв. вузов. Машиностроение.- 1987.- № 2.- С. 61 - 65.

Поступила в редакцию 14.05.03

Рецензенты: канд. техн. наук, зав. каф. ДВС, профессор М.Г. Шатров, МАДИ (ТУ), г. Москва; канд. техн. наук, доц. А.В. Белогуб, ОАО «АВТРАМАТ», г. Харьков.