

УДК 621.436.1.01: 631.37-021.465

Е.Н.ЗАКАЛИН, А.П.РУСИН

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ОГРАНИЧЕННЫМ ТЕПЛОТВОДОМ

Приводятся результаты анализа по улучшению качества дизеля за счет ограничения теплоотвода. Рассматриваются особенности повышения степени влияния тепловой изоляции на основные параметры двигателя, возможность утилизации энергии отработанных газов.

Ключевые слова: качественные показатели, тепловая изоляция, теплозащитные покрытия, диффузное горение, эффективный расход топлива.

Введение. В современных условиях обеспечить конкурентоспособность продукции на рынке возможно только при максимальном удовлетворении потребителя. Именно такой подход заложен в первом принципе международных и национальных стандартов по качеству в редакции 2000 года.

Качество объекта в целом определяется большим числом показателей. Среди них показатели технологичности и экономичности, эргономические и эстетические и многие другие. Качество работы автомобильной и сельскохозяйственной техники для потребителя в большой степени определяется конструктивными показателями.

Постановка и решение задачи. Создание дизельных двигателей с ограниченным теплоотводом рассматривается как одно из перспективных направлений повышения их технических характеристик. По сравнению с обычными такие двигатели обладают рядом преимуществ:

- уменьшение объёма системы охлаждения и затрат мощности в этой системе;
- увеличение энергии отработанных газов, позволяющее повысить эффективный КПД;
- повышение индикаторного КПД за счет сокращения тепловых потерь.

Практическая реализация указанных преимуществ является сложной и весьма трудоемкой задачей. В связи с этим проводятся комплексные расчетно-экспериментальные исследования с целью повышения качества двигателя за счет ограничения теплоотвода и системы утилизации энергии отработанных газов, обеспечивающих достижение более высоких технико-экономических показателей.

Анализ статей зарубежных авторов [1, 2] показывает, что эмпирические зависимости для обычного дизеля не отражают особенностей цикла нового двигателя. Анализ влияния энергетического состояния заряда цилиндра на смесеобразование и сгорание дал возможность определить наиболее важные изменения указанных процессов. Оказалось, что сокращение на 45...55% теплоотвода в систему охлаждения дизеля рассматриваемой размерности со свободным газотурбинным наддувом может повысить температуру заряда к моменту впрыска топлива на 20...25%, увеличить плотность заряда цилиндра до 12...14% и давление в камере сгорания до 30...33%. Таким образом, при указанных условиях энергия заряда возрастает в среднем до 25...30%.

В случае 50 % сокращения теплоотвода в систему охлаждения базового дизеля-прототипа возможно значительное увеличение дисперсности распыливания топлива (40...50 %), уменьшение дальности топливной струи (12...14 %) и соответствующее снижение скорости распространения фронта струи. Расчет смесеобразования показал существенное уменьшение количества подготовленной за период задержки самовоспламенения топливовоздушной смеси, что обуславливает резкое ухудшение динамики тепловыделения в номинальном режиме работы. Наблюдалось ускорение процесса в теплоизолированной камере сгорания, свойственное как кинетическому, так и диффузионному горению. Однако скорость диффузионного сгорания значительно меньше, чем кинетического, поэтому тепловыделение в рассматриваемом двигателе по мере увеличения степени тепловой изоляции может быть более продолжительным.

Анализ процесса сгорания вблизи огневой поверхности камеры сгорания позволил сделать вывод о том, что этот эффект можно снизить за счет увеличения температуры деталей, формирующих камеру сгорания. Это позволит улучшить процесс сгорания, топливную экономичность и экологические характеристики. Наряду с этим могут возникнуть негативные эффекты, которые способны повлечь за собой ухудшение параметров двигателя.

К ним в первую очередь следует отнести:

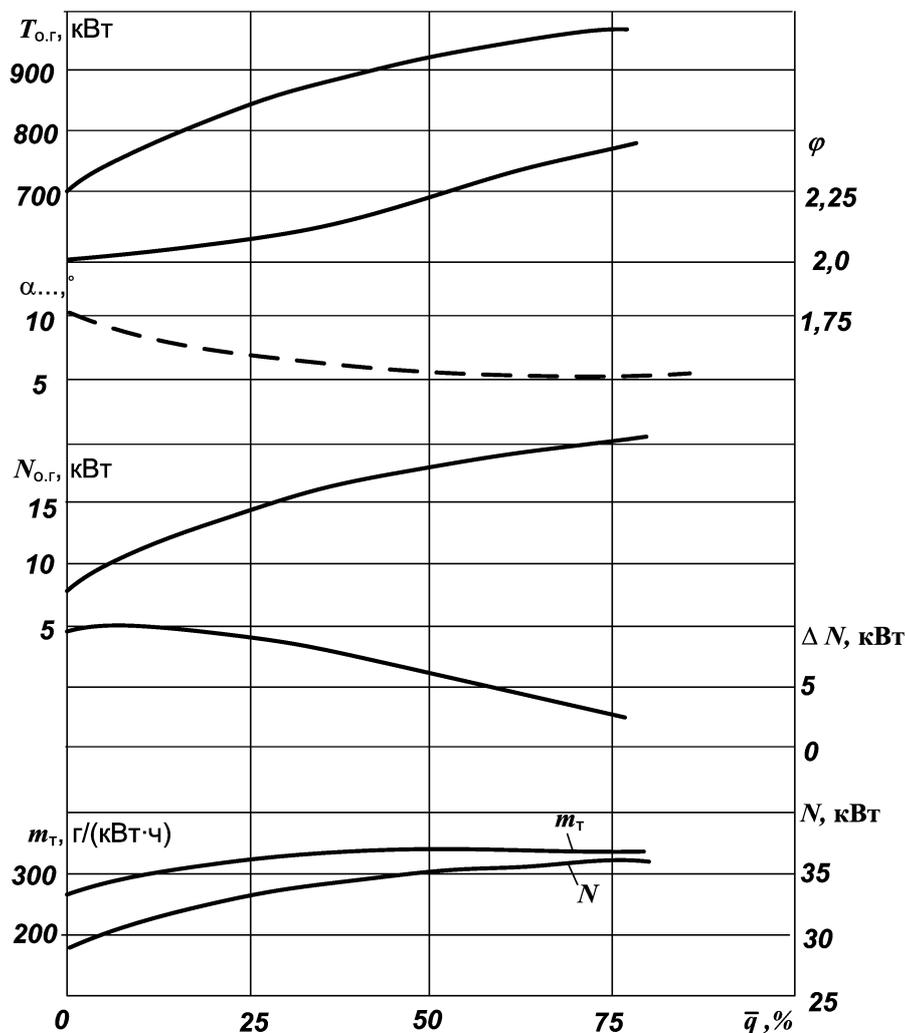
- увеличение локальных коэффициентов теплоотдачи от рабочего тела к высокотемпературной стенке в определенных зонах в определенные моменты цикла;
- появление зон с перебогащенной топливовоздушной смесью и нарушение рационального распределения локальных значений коэффициента избытка воздуха вблизи стенок;
- переохладение орошаемой топливной струей поверхности камеры сгорания с малой теплоаккумулирующей способностью;
- попадание некоторого количества топлива в поры теплоизоляционного материала и некоторые другие.

При условии реализации процесса в теплоизолированной камере сгорания с использованием обычных приемов может произойти увеличение продолжительности тепловыделения в режиме номинальной мощности, которое связано с понижением индикаторного КПД.

Тепловую изоляцию должны иметь все поверхности камеры сгорания. Неизолированные поверхности вызывают резкое возрастание тепловых потоков, которые уменьшают эффект сокращения тепловых потерь в систему охлаждения. Кроме того, тепловая изоляция на огневых поверхностях дизеля требует регулировки угла опережения подачи топлива.

Исследования различных способов тепловой изоляции – масляной системы высокотемпературного охлаждения, теплозащитных покрытий из диоксида циркония толщиной до 2 мм на огневых поверхностях головки цилиндров, клапанов вихревых камер цилиндрических втулок, теплоизолирующих накладок из низкотеплопроводной стали или конструкционной нитридной керамики на поршне и др. позволили определить зависимость параметров двигателя от степени тепловой изоляции \bar{q} , которая является мерой сокращения теплоотвода в систему охлаждения по сравнению с базовым дизелем.

Так, для режима номинальной мощности ($p_e=0,6$ МПа, $n=1500$ мин⁻¹) было обеспечено 76 %-ное сокращение теплоотвода, при этом удельный эффективный расход топлива в базовом двигателе увеличился с 268 до 329 г/(кВт·ч) при $\bar{q} = 0,76$, температура отработанных газов повысилась с 700 до 930 К (рисунок). В ряде макетов с высокой \bar{q} (>20 %) для компенсации потерь наполнения потребовалось использование постороннего источника наддува, суммарный коэффициент избытка воздуха был увеличен до 2,26 при $\bar{q} = 0,76$, двигатель при этом работал на границе дымления.



Влияние степени теплоизоляции \bar{q} на параметры двигателя с ограниченным теплоотводом при $n = 1500$ мин⁻¹: $T_{o.g.}$, $N_{o.g.}$ - температура и мощность отработанных газов; α - угол задержки воспламенения (в угловых градусах поворота коленчатого вала); m_{τ} - удельный эффективный расход топлива; φ - суммарный коэффициент избытка воздуха; ΔN - мощность, отводимая в систему охлаждения; N - располагаемая мощность

В то же время на режимах частичных нагрузок достигнута более высокая топливная экономичность по сравнению с двигателем-прототипом.

Так, на режиме 30 %-ной нагрузки от номинальной ($p_e=0,2$ МПа, $n=1500$ мин⁻¹) зарегистрировано 5 %-ное сокращение удельного эффективного расхода топлива по сравнению с аналогичным режимом работы базового двигателя. Для улучшения смесеобразования и сгорания, во-первых, необходима интенсификация впрыска топлива с целью обеспечения приемлемых значений фактора динамичности, во-вторых, нужна интенсификация процесса сгорания, особенно на стадии диффузионного горения; в-третьих, снижение воспламеняемости топлива и, в-четвертых, требуется такая организация процесса смесеобразования, которая за счет интенсификации движения воздушного заряда в цилиндре двигателя способствовала бы рациональному характеру процесса тепловыделения. Анализ данных, полученных в ходе комплексного исследования, свидетельствует о том, что при той динамике тепловыделения, которая достигнута в базовом двигателе, можно повысить КПД в среднем на 3...5 %.

Одновременно с уменьшением теплоотвода в систему охлаждения происходит значительное увеличение энергии, отводимой с отработанными газами. Это вызывает необходимость в специальной системе утилизации энергии отработанных газов. Расчетно-теоретическое исследование этого дизеля показало [2], что возросшая энергия отработанных газов используется для компенсации потерь наполнения цилиндра теплоизолированного дизеля лишь частично, а избыточная энергия выпуска в случае эффективного срабатывания ее в агрегате утилизации может давать дополнительный выигрыш в топливной экономичности до 6 %. В ходе анализа отмечено весьма существенное влияние КПД системы наддува и утилизации на эффективность комбинированной установки, при этом была определена возможность обеспечения удельных эффективных расходов топлива турбокомпаундного двигателя с ограниченным теплоотводом двигателя.

Повышение $\bar{\eta}$ способствует сокращению механических потерь. Можно предположить, что даже в случае, если индикаторный КПД не будет сохранен на уровне серийного двигателя, новый дизель даст некоторый выигрыш в удельном эффективном расходе топлива за счет сокращения механических потерь.

Повышение качества двигателя за счет ограничения теплоотвода, являясь перспективным направлением развития двигателестроения, вскрывает целый комплекс проблем, решение которых может потребовать значительных средств и усилий конструкторов. В частности, потребуется:

1) ограничение теплоотвода от рабочего тела с помощью специальных тепловых барьеров, в том числе разработки керамических конструкционных материалов и теплозащитных покрытий, обладающих специальными служебными свойствами;

2) организация высокоэкономичного рабочего процесса в теплоизолированной камере сгорания;

3) создание эффективных агрегатов системы утилизации энергии отработанных газов и передачи их мощности на вал двигателя.

Вывод. Повышение качества двигателя за счет ограничения теплоотвода позволит улучшить топливную экономичность до 15 %, а массогабаритные показатели до 25 % по сравнению с обычным дизелем.

Библиографический список

1. Komo R., Bryzik W. Cummins – TACOM advanced engine // SAE Techn. pap. ser. – 2004. – № 840428. – P. 21-34.

2. Tovel J.E. The reduction of heat losses to the diesel engine cooling system // Idem. – № 840434. – P. 9.

Материал поступил в редакцию 8.04.09.

J.N. ZAKALIN, A.P. RUSIN

IMPROVEMENT OF DIESEL ENGINE WITH LIMITED THERMAL DRAINAGE QUALITY

There are result of analyze for improvement Diesel engine quality roving to limited thermal drainage in the article. Peculiarities of degree influence thermal isolation for main engine parameters had been considered there. Possibility of waste gases energy utilization was discussed in it.

ЗАКАЛИН Евгений Николаевич (р. 1956), доцент кафедры «Технология технического регулирования» ДГТУ, кандидат технических наук (2005). Окончил Челябинское ВТКУ (1977) по специальности «Инженер по эксплуатации гусеничных и колесных машин».

Научные интересы в области механизации сельского хозяйства.

Автор 9 научных публикаций.

РУСИН Александр Петрович (р. 1948), доцент кафедры «Технология технического регулирования» ДГТУ, кандидат технических наук, член-корреспондент Академии проблем качества. Окончил РИСХМ (1971).

Научные интересы в области квалиметрии, управления качеством.

Автор более 100 научных статей, 1 авторское свидетельство.

achlebunov@dstu.edu.ru