

О.Е. Андрусенко, В.В. Колыванов, С.Е. Андрусенко
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

РЕАЛИЗАЦИЯ ИЗОБАРНОГО ЦИКЛА

Ключевые слова: Изобарный цикл, термодинамический цикл, цикл Дизеля, четырёхтактный дизель.

В данной статье приводятся особенности протекания процесса сгорания в случае пневматического распыливания топлива.

Наиболее радикальным путем разрешения противоречий «Дилеммы Дизеля» является возвращение к варианту термодинамического цикла со сгоранием при постоянном давлении.

Рисунок 1 позволяет сравнить цикл со сгоранием при постоянном давлении с циклами современных (бескомпрессорных) дизелей и двигателя с искровым зажиганием при одинаковых максимальных давлениях и температурах рабочего тела. Полезная работа цикла определяется разницей работ, полученной при расширении и затраченной на сжатие, и эквивалентна площади внутри контура цикла.

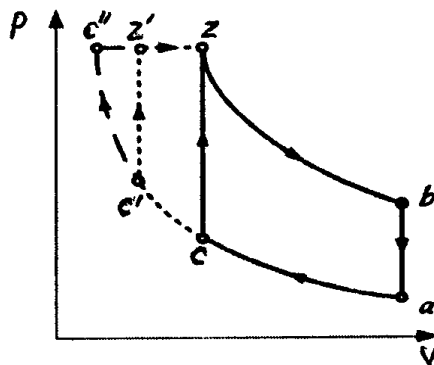


Рис. 1. Эффективность термодинамических циклов при одинаковых максимальных давлениях и температурах рабочего тела:
($a-c-z-b$ – цикл Дизеля, $a-c'-z'-b$ – цикл Тринклера, $a-c''-z''-b$ – цикл Отто)

Наибольшую работу и экономичность цикла двигателей с одинаковой механической и термической нагруженностью, обеспечивает цикл компрессорного дизеля со сгоранием при постоянном давлении. Цикл Дизеля позволяет решить проблемы пусковых качеств, уменьшить потери энергии с выбрасываемыми в атмосферу продуктами сгорания, создания многопливных двигателей. Это связано с возможностью увеличения степени сжатия ϵ двигателя.

С увеличением степени сжатия давление и температура рабочего тела в конце процесса сжатия с ростом ϵ существенно увеличиваются, что благоприятно сказывается на пусковых качествах дизеля. Интенсивно возрастают максимальное давление и температура цикла, что ведет к повышению механической и термической нагруженности деталей двигателя.

Изменения давления и температуры в конце процесса расширения, свидетельствуют о том, что увеличение степени сжатия позволяет уменьшить потери энергии с выбрасываемыми в атмосферу продуктами сгорания, так как снижаются их термический и механический потенциалы.

В двигателях с наддувом характер влияния степени сжатия на параметры рабочего цикла сохраняется, однако негативное влияние p_z в этом случае проявляется при меньших значениях ϵ , так как процесс сжатия начинается при больших давлениях:

$$p_z = p_k \varepsilon^{n_1} \lambda,$$

где: p_k – давление надувочного воздуха;

n_1 – показатель политропы сжатия.

Показатель политропы сжатия при различных условиях протекания рабочего цикла меняется незначительно, ограничения p_z можно достичь путем снижения степени сжатия или степени повышения давления λ . Однако уменьшение ε сказывается отрицательно на всех показателях рабочего процесса дизеля.

Организация впрыскивания топлива в цилиндр с помощью сжатого воздуха в компрессорных дизелях существенно влияет и на процесс подготовки рабочей смеси к сгоранию. В современных четырехтактных дизелях для обеспечения качественного смесеобразования необходимо интенсивное движение воздушного заряда в цилиндре.

Переход на пневматическое распыливание топлива практически снимает проблему организации интенсивного движения воздуха в цилиндре, при этом качественное смесеобразование вполне обеспечивается в однополостной камере сгорания.

Эти и многие другие преимущества реализации цикла Дизеля с постоянным давлением сгорания приводили к поискам путей осуществления компрессорного цикл. Одно из таких исследований было проведено в Южно-Уральском государственном университете под руководством доктора технических наук, профессора кафедры двигателей Челябинского высшего военного автомобильного командно-инженерного училища В.С. Кукиса.

Предметом исследования явился рабочий процесс в поршневом дизельном двигателе размерности Ч15,0/20,5 с пневматическим распыливанием топлива и воспламенением его от сжатия. Для достижения сгорания топлива при постоянном давлении в двигателе была применена специальная форсунка, система газотурбинного наддува была приспособлена для привода высокочастотного электрического генератора электродвигателя с компрессором высокого давления, изменен поршень, в результате чего степень сжатия была повышена с 14 до 19,6.

Теоретически ожидаемого перехода к сгоранию топлива при $p = const$ не произошло, результаты экспериментов показали, что положительных результатов можно добиться. В результате исследований были получены следующие результаты:

- максимальное давление рабочего тела снизилось с 7,28 до 6,94 МПа;
- степень повышения давления λ существенно уменьшилась с 2,14 до 1,43;
- степень предварительного расширения ρ увеличилась с 3,28 до 5,45;
- задержка воспламенения сократилась с 20,9 до 2,1 град. ПКВ, что обусловило существенное снижение максимальной скорости нарастания давления (на 31,52%); при этом продолжительность сгорания топлива за счет более лучшего распыливания значительно сократилась (практически на 25–30 град ПКВ);
- заметно сократилось содержание в отработавших газах оксидов азота (на 35,9%), что связано с понижением температуры рабочего тела в цилиндре двигателя;
- эффективная мощность повысилась на 31,2%, максимальный крутящий момент – практически на 10%, удельный эффективный расход топлива сократился на 12,9%.

Приведенные данные свидетельствуют о значительном снижении механической и термической нагруженности узлов и деталей двигателя, существенном повышении его мощностных и экономических показателей и снижении содержания вредных веществ в его отработавших газах. Повышение степени сжатия за счет изменения формы камеры сгорания и уменьшение поверхности теплообмена между рабочим телом и стенками внутрицилиндрового пространства привело к увеличению индикаторного КПД.

Представленные авторами материалы по особенностям протекания процесса сгорания в случае пневматического распыливания топлива свидетельствуют о существенном приближении рабочей смеси к гомогенному состоянию.

Поэтому стоит вопрос о приближении цикла смешанного сгорания к изобарному, что является существенным признаком перспективности четырехтактных дизелей.

Список литературы:

- [1] Потенциал развития больших дизелей (Экспресс-информация. Поршневые и газотурбинные двигатели. – М.: 1992. – №44–48 – реф. №137. – С. 12–16. Перевод статьи: Syaseen Onno. Das Entwicklungspotential großer Dieselmotoren. – MTZ: Motortechn. Z., 1990, 51, №11, 498–503.).
- [2] Кукис В.С., Романов В.А., Постол Ю.А. Особенности рабочего процесса дизеля с пневматическим распыливанием топлива // Сб. Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков: НТУ ХПИ. – 2012. – №1. – стр. 131–138.

Бевза Д.И.

ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА

В статье представлены результаты численного эксперимента на основе математической модели котла-утилизатора, построенной на базе пакета ANSYS CFX. Получены закономерности процессов, происходящих в проточной части рассматриваемой модели, и предложены варианты повышения эффективности котла-утилизатора.

В настоящее время особую актуальность приобрели вопросы рационального использования топливно-энергетических ресурсов. Экономия топлива в судовых энергетических установках может быть достигнута применением систем утилизации тепла отработавших газов судовых дизелей [1], в частности, применением утилизационных котлов (УК). В свою очередь, на эффективность и экономичность УК значительное влияние оказывает такой фактор, как равномерность распределения потока рабочей среды по теплообменной поверхности.

Компоновка современных судовых котлов позволяет обеспечить довольно полное омывание поверхностей нагрева потоком газов [2], что зачастую не достигается в утилизационных котлах из-за недостаточного объема теоретических и экспериментальных исследований последних в целом и к изучению закономерностей течения дымовых газов в УК. Исследования в этой области путём математического моделирования могут дать положительный результат и, как следствие, способствовать увеличению эффективности и экономичности судового котла-утилизатора.

В данной работе создана математическая модель котла-утилизатора с оребренными трубами на базе пакета вычислительной гидрогазодинамики ANSYS CFX. В результате выполнения численного эксперимента получены визуальные параметры рабочего тела, некоторые из которых представлены на рисунке 1 в виде векторных полей течения горячих газов в проточной части смоделированного котла-утилизатора при установившемся режиме работы последнего и при различных положениях регулирующего органа (газовой заслонки).