РАЗДЕЛ XXXV. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Балашов А.М.

Влияние частичной теплоизоляции камеры сгорания на основные технико-экономические параметры дизельного двигателя

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет»
(Россия, Новосибирск)

doi: 10.18411/lj-06-2021-331

Аннотация

Данная статья посвящена вопросам совершенствования ДВС, в частности, вопросам совершенствования процесса сгорания топливной смеси в дизелях. Автором рассмотрены возможные варианты частичной теплоизоляции камеры сгорания дизельного двигателя и их влияние на основные характеристики ДВС. Сделаны выводы о возможностях практического использования полученных рекомендаций и перспективах дальнейших исследований.

Ключевые слова: поршень, камера сгорания, керамические элементы, дизельный двигатель.

Abstract

This article is devoted to the improvement of the internal combustion engine, in particular, the improvement of the combustion process of the fuel mixture in diesel engines. The author considers possible options for partial thermal insulation of the combustion chamber of a diesel engine and their influence on the main characteristics of the internal combustion engine. Conclusions are drawn about the possibilities of practical use of the received recommendations and the prospects for further research.

Keywords: piston, combustion chamber, ceramic elements, diesel engine.

В общем объеме расходуемых топлив, а также в выбросах в атмосферу токсичных веществ с отработавшими газами значительная доля приходится на технику, оснащенную двигателями внутреннего сгорания. Поэтому работа по совершенствованию двигателей внутреннего сгорания всех типов должна продолжаться в двух основных направлениях: первое – сокращение вредных выбросов, и вторая – снижение расхода топлива. Это взаимосвязанные задачи: сокращая расход топлива, мы автоматически снижаем вредные выбросы. Еще одно направление повышения эффективности ДВС – это обеспечение возможности работы дизельных двигателей на тяжелых моторных топливах, а также возможность использования в качестве моторного топлива – альтернативных топлив. Это становится все более актуально в связи с резким ростом цен на обычное дизельное топливо.

В двигателестроении рассматривалось множество различных способов повышения эффективности ДВС [1]. Одним из путей решения данной проблемы является создание дизеля с уменьшенным отводом теплоты от рабочего тела [2]. Создание таких дизельных двигателей требует разрешения ряда вопросов, в частности, обеспечения требуемой долговечности керамических теплоизоляторов, а также обеспечения такой организации рабочего процесса, при которой можно получить снижение удельного расхода топлива двигателя. В настоящее время данные проблемы достаточно подробно рассмотрены в работах [3-6]. Кроме этого, необходимо обеспечить возможность работы дизельного двигателя на тяжелых моторных (низкосортных) топливах, а также на различных альтернативных топливах, для воспламенения которых по сравнению с обычным дизельным топливом требуются

более интенсивный подвод теплоты и более высокие температуры [2], при одновременном сохранении приемлемого удельного расхода топлива.

Поршни современных автотракторных дизелей чаще всего изготавливают из алюминиевых сплавов. Их главными достоинствами являются [7]: малая масса поршня, лучшая обрабатываемость, возможность получения более точной отливки, возможность повышения предела прочности путем механической и термической обработки.

Для теплоизоляции днища поршня можно использовать различные конструктивные решения. В частности, предлагается термоизолировать центральную часть днища поршня керамической накладкой, которая изготовлена в виде перевернутого конуса [8]. При этом избыточное напряжение, действующие на керамический вкладыш поглощается слоем волокнистого металла, находящегося между вкладышем и поршнем.

Известен также способ теплоизоляции днища поршня посредством механического соединения между керамическим вкладышем и поршнем [9]. Механическое соединение осуществляется заполнением пор, имеющихся в керамической части, материалом поршня, происходящим в процессе формовки с подпрессовкой. Несмотря на привлекательность данных способов тем не менее из-за различия коэффициентов линейного расширения двух материалов, алюминия и керамики, что приводит при нагреве и охлаждении к постепенному разрушению керамической накладки. Кроме того, эти способы довольно трудоемки [10].

Лучшими качествами обладают поршни с керамическим покрытием, которые также могут устанавливаться в ДВС. Керамика обладает изолирующими свойствами, а именно способностью поглощать тепло в слоях около поверхности поршня [7]. Данный слой является эффективным изолятором и удерживает тепло от проникновения в материал. Часто керамическое покрытие наносится не только на днище поршня, но и на верхнюю часть гильзы цилиндра. Главными достоинствами керамического покрытия является [7]: устойчивость к высоким температурам, высокая химическая устойчивость, высокая твердость, низкая плотность, устойчивость к износу, низкий коэффициент теплопроводности, высокий предел прочности на сжатие.

Предпочтительным соединением в данном случае выступает диоксид циркония (ZrO_2), обладающий низкой теплопроводностью и высоким коэффициентом теплового расширения [7]. Во избежание негативных эффектов от фазовых превращений при высоких температурах ZrO_2 стабилизируют при помощи специальных материалов, в качестве которых используют оксиды магния (MgO), кальция (CaO), церия (SeO_2) и иттрия (Y_2O_3) [11]. Известны и другие варианты использования керамики для теплоизоляции камер сгорания ДВС, в частности, использования керамических вставок на тепловоспринимающих поверхностях камеры сгорания (верхний пояс гильзы и днище поршня) на основе нитрида кремния (Si_3N_4).

Вопросы влияния керамической теплоизоляции днища поршня и верхнего пояса гильзы цилиндра на характеристики дизельного двигателя были подробно рассмотрены в работе [2]. Для сравнения были исследованы одноцилиндровый четырехтактный дизель, спроектированный и построенный на базе универсального картера, поршневая группа которого была заимствована от тракторного дизеля СМД-14, а также его вариант с уменьшенным отводом теплоты, гильза и поршень которого были оснащены теплоизоляторами в виде керамических вставок. По результатам изучения и анализа работ отечественных и зарубежных исследователей, проведенных для теплоизолирующих частей гильзы и поршня, авторы данного исследования применили в качестве теплоизолятора керамические элементы на основе нитрида кремния (Si_3N_4), как одного из наиболее перспективных для таких целей материалов.

Как показали экспериментальные исследования, проведенные авторами работы [2], частичная теплоизоляция камеры сгорания у дизеля способствует увеличению температуры газа в цилиндре, приводит к существенному улучшению процесса

сгорания, повышает максимальное давление p_z в цилиндре, а также увеличивает скорости нарастания давления и обеспечивается более полное сгорание топлива. Этим и объясняется улучшение топливной экономичности двигателя с уменьшенным отводом теплоты. В тоже время из-за повышения температуры сгорания повышается содержание оксидов азота в выхлопных газах двигателя, но при этом в выхлопе уменьшается количество угарного газа и углеводородов [2]. Кроме этого, применение частичной теплоизоляции рабочего тела уменьшает задержку воспламенения, и в результате обеспечивает лучшие условия самовоспламенения при использовании тяжелых низкосортных и альтернативных топлив, для воспламенения которых по сравнению со стандартным дизтопливом требуются большие температуры в цилиндре дизеля и более интенсивный подвод теплоты.

Таким образом, использование частичная теплоизоляция камеры сгорания обеспечивает снижение удельного расхода топлива, способствует некоторому увеличению мощности дизельного двигателя и обеспечивает возможность эффективной работы на низкосортных и альтернативных топливах. В связи с тем, что при этом повышается количество оксидов азота (NO_x) в отработавших газах (наряду с уменьшением оксида углерода (CO) и углеводородов (CH)), то применение дизелей с уменьшенным отводом теплоты от рабочего тела в настоящее время наиболее целесообразно на тракторах, сельхозтехнике, дорожно-строительной и другой спецтехнике, на которую строгие экологические нормативы (Евро-3, Евро-4 и Евро-5 и др.) по выбросам вредных веществ с отработавшими газами в нашей стране не распространяются. В дальнейшем целесообразно подробно рассмотреть использование частичной теплоизоляции рабочего процесса для дизелей челябинского тракторного завода (Д-160, Д-160Б, Д-180), которые отличаются невысокой номинальной частотой вращения, большим потенциалом по форсированию, хорошей обработанностью конструкции и широко применяются на различной технике, в частности на гусеничных тракторах, бульдозерах, экскаваторах, дизель-электрических агрегатах и других спецмашинах.

***

1. Фомин В.М. Пути совершенствования эколого-экономических показателей дизелей. // Автомобильные и тракторные двигатели: Межвуз. сб. научных трудов. Выпуск ХУІ. 1999. С.23.
2. Кавтарадзе Р.З., Онищенко Д.О., Зеленцов А.А., Кадыров С.М., Арипджанов М.М. Расчетно-экспериментальное исследование влияния теплоизоляции поршня и гильзы на образование оксидов азота в продуктах сгорания быстроходного дизеля. // Вестник МГТУ им. Баумана. Серия «Машиностроение». 2011. №4. С. 83-102.
3. Woschni G., Spindler W., Kolesa K. Heat insulation of combustion chamber walls — a measure to decrease the fuel consumption of I.C. engines? SAE Techn. Pap. Ser., No. 870339. –11p.
4. Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. 2-е изд. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. - 472 с.
5. Аманн С. А. Перспективы и проблемы дизельного двигателя с низкими тепловыми потерями. // Труды американского общ. инж.-механ. Современное машиностроение. 1989. Серия А. № 5. С. 13-21.
6. Кавтарадзе Р.З., Ван Ичунь. Теплообмен в теплоизолирующей камере сгорания быстроходного дизеля. // Изв. РАН. Энергетика. 2001. № 4. С.149-158.
7. Ведрученко В.Р., Иванов А.Л., Борисов В.А., Литвинов П.В. Влияние материала поршня на процесс сгорания топлива в двигателе. // Вестник СибАДИ. 2016. выпуск №5 (51). С. 61-67.
8. Патент США № 4245611, кл. F 02F 3/14, опублик. 1981.
9. Патент США № 4735128, кл. F 02F 3/06, опублик. 1988.
10. Меркулов С.Б. Способ теплоизоляции рабочей поверхности поршня двигателя внутреннего сгорания. Режим доступа https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002054129_19960210_C1_RU/ (дата обращения: 11.07.2019).
11. Ciniviz M., Sahir Salman M., Canli E., Kose H., Solmaz O. (2012). Ceramic Coating Applications and Research Fields for Internal Combustion Engines, Ceramic Coatings - Applications in Engineering, Prof. Feng Shi (Ed.), ISBN: 978-953-51-0083-6, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/ceramic-coatingsapplications-in-engineering/ceramic-coatingapplications-and-research-fields-for-internalcombustion-engines> (дата обращения: 11.07.2019).