

E.V. Budrina, A.S. Lebedeva

Abstract. The review and the comparative analysis of the systems of payment of journey (SPJ) on public transport is presented in article, advantages and shortcomings are defined, evolutionary features of change of priorities in use of SOP are revealed; the factors defining evolution of SOP in compliance with technological changes are allocated, the most perspective SOP are defined and recommended for introduction, the directions of deepening of research and receiving a solid data about effects from introduction of SOP are defined.

Keywords: journey payment; public transport; innovative systems of payment

References

1. Otchet j soziologicheskoy issledovaniy transportnogo povedeniya naseleniya RF, Institut ekonomiki transporta i transportnoy politiki NIU VCHE, 2015g.
2. Oficialnyi sait Administratsii Sankt-Peterburga/ Danye Komiteta po transportu. [Elektronnye resurs] http://gov.spb.ru/gov/otrasl/c_transport/transportation/ [20.07.2016]
3. Oficialnyi sait SPb GКУ «Organizator perevozok» [Elektronnye resurs] URL: http://gov.spb.ru/gov/otrasl/c_transport/transportation/ [20.07.2016].
4. Prikaz Komiteta po transport ot 18.12.1997 № 332 (v red. ot 11.03.2015r.) «Ob utverzhenii pravilpolzovaniya nazemnyum passagirskim transportom.
5. Lebedeva A.S., Rogavichene L.I. Prioritetnyy innovatsionnyy deyatelnosti yf avtomobilnom transporte // V sbornike Innovatsionnoye razvitiye klyuchevyye problemy b recheniya. Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Otvetsvennyy redaktor Sukiasyan Asatur Albertovich. 2015. s.80-84.
6. Rogavichene L.I., Emirova A.E., Lebedeva A.S. Potential use of information and communication technologies as considered while studying social dimension of the transport crisis // *Economica i predprinimatelstvo*. 2016. №5 (70). p. 934-940.
7. Kuryucheva V.V., Hramzova N.A. Innovatsii na transporte i perspektivnyye avtomobilnyye tehnologii

// V sbornike Fundamentalnyye i prikladnyye nauki – osnova sobremennoy innovatsionnoy systemy. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov b molodyuh uchenyuh. 2015. P. 319-324.

8. Budrina E.V. Razvitiye sistemy gorodskogo nazemnogo passagirskogo transporta na osnove innovatsiy // *Innovatsii na transporte i v machinostroeniy: sbornik trudov IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsiy. Tom I. / pod. red. V.V. Maksarova / otv. red. T.A. Menuhova, A.V. Terentev.* – SPb.: Nazionalnyi mineralno-syirevoy universitet «Gornyy», 2016. – p .28-32.

Будрина Елена Викторовна (Санкт-Петербург, Россия) – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой Управления транспортными системами ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет информационных технологий, точной механики и оптики» (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр-т, 49., e-mail: boudrina@mail.ru).

Лебедева Анна Сергеевна (Санкт-Петербург, Россия) – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры Управления транспортными системами ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет информационных технологий, точной механики и оптики» (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр-т, 49., e-mail: hebo@rambler.ru).

Budrina Elena Victorovna (Saint-Petersburg, Russian Federation) – Doctor of Economics Sciences, professor, head of Department of Management transportation systems, University IFMO (197101, Kronverkskiy pr., 49 prospect, Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: boudrina@mail.ru).

Lebedeva Anna Sergeevna (Saint-Petersburg, Russian Federation) – candidate of Economics Sciences, docent of Department of Management transportation systems, University IFMO (197101, Kronverkskiy pr., 49 prospect, Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: hebo@rambler.ru).

УДК 621.432:542.97

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ПОРШНЯ НА ПРОЦЕСС СГОРАНИЯ ТОПЛИВА В ДВИГАТЕЛЕ

В.Р. Ведрученко¹, А.Л. Иванов², В.А. Борисов^{3,4}, П.В. Литвинов¹

¹Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), Россия, г. Омск;

²Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск;

³Омский государственный технический университет, (ОмГТУ), Россия г. Омск;

⁴Институт проблем переработки углеводородов Сибирского отделения Российской академии наук, (ИППУ СО РАН), Россия, г. Омск

Аннотация. Проведён обзор существующих видов поршней двигателей внутреннего сгорания. Выполнен анализ влияния материалов поршня на температуру в цилиндре и процесс сгорания. Рассмотрены варианты применения различных видов поршней в двигателях внутреннего сгорания, соответствующих классам экологичности Евро. Приведены формулы, параметры которых будут изменены при использовании покрытий различного рода. Рассмотрены химические процессы сгорания топлива при использовании каталитических материалов. Сделаны выводы о возможных изменениях методик расчёта процесса сгорания.

Ключевые слова: поршень, материал, покрытие, процесс сгорания, катализатор.

Введение

Поршни автомобильных и тракторных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) являются деталями, работающими в тяжёлых условиях: при знакопеременных нагрузках и высокой температуре. В целях уменьшения нагрузок возвратно-поступательно движущихся масс и для улучшения теплоотвода от стенок и днища поршни делают тонкостенными.

Условия работы цилиндропоршневой группы (ЦПГ) определяют необходимость точной обработки поверхностей деталей в сопряжениях и применения материалов высокого качества.

В связи с ужесточением экологических требований, материалам поршня уделяется особое внимание, поскольку они оказывают прямое воздействие на процесс сгорания топлива и, соответственно, на вредные выбросы. В настоящий момент содержание вредных выбросов в отработавших газах (ОГ) регламентируют следующие стандарты – Евро-4, Евро-5 и Евро-6. Стандарты Евро-5 и Евро-6 устанавливают норму выбросов не только для углеводородов, окислов азота, оксида углерода, но и углекислого газа. Введение новых стандартов ожидается в 2020 и 2025 годах. Вопрос о выбросах вредных веществ возникает уже на стадии проектирования двигателя. Поэтому материал поршня в настоящий момент выбирается с учётом влияния его температурного поля на сгорание топлива [1].

Материалы поршней

Поршни из чугуна применяются главным образом в тракторных ДВС (сравнительно тихоходных, работающих на низкосортных топливах, в тяжёлых условиях эксплуатации). Наиболее применимыми являются чугуны марок СЧ24, СЧ28, СЧ35. Фосфор вводят для увеличения жидкотекучести, одновременно повышая износостойкость и склонность чугуна к росту. Для улучшения свойств проводят легирование чугунов, например, вводят хром

для увеличения твёрдости и износостойкости, а никель – для измельчения структуры и уменьшения теплового расширения.

Главными достоинствами чугунных поршней являются: прочность, износостойкость, малый коэффициент линейного расширения.

Поршни из алюминиевых сплавов используются во всех современных автомобильных двигателях и в четырёхтактных быстроходных тракторных дизелях.

Главными достоинствами алюминиевых поршней являются: лучшая теплопроводность (и как следствие большая степень сжатия и мощность); меньшая масса поршня; лучшая обрабатываемость; возможность получения более точной отливки.

Недостатками алюминиевых поршней являются: высокая стоимость; малая механическая прочность; малая жаростойкость; малая износостойкость; большой коэффициент линейного расширения.

Однако после механической и термической обработки возможно повысить предел прочности до 260-320 МПа.

Идеальным условием, к которому нужно стремиться во избежание деформаций поршня, если они распространяются на пояс поршневых колец и оказывающих очень большое влияние на работу, является равномерное распределение температуры по всему днищу. Температура днища поршня всегда должна быть ниже 400 °С, поскольку прочность сплавов алюминия значительно уменьшается при превышении этой температуры. Многие считают, что максимальная температура днища не должна превышать 375 °С при перегрузке ДВС и 350 °С при продолжительной работе. При этом распределение температуры в днище поршня зависит от расположения клапанов. Температура в месте непосредственно под выпускным клапаном часто бывает на 10 - 15 °С выше температуры остальных частей днища.[2]

Биметаллические и комбинированные поршни в настоящий момент применяют как

варианты механического сцепления между металлами и для облегчения самого поршня и повышения его долговечности соответственно [3].

Поршни с корундовым покрытием

Поршни с корундовым покрытием применяют для снижения расхода топлива. Поршень проходит гальвано-плазменную обработку днища поршня и кольцевого пояса, на наружной поверхности которых образован корундовый слой, толщиной до 0,2 мм. Такой тип обработки основан на преобразовании поверхностного слоя детали из алюминиевого сплава в корунд с высокой адгезией к основному металлу. Таким образом решается проблема предотвращения отслаивания теплоизолирующих покрытий. Поршни с корундовым слоем имеют более низкую температуру с внутренней стороны на 12 - 15 °С. Над верхним компрессионным кольцом температуры равны или ниже на 15 - 32 °С, в перемычке между 1-м и 2-м кольцом равны или ниже на 7 - 21 °С, в кольцевой канавке второго компрессионного кольца равны или ниже на 1 - 8 °С. Теплозащитный корундовый слой на поршне двигателя, уменьшая теплоотвод через поршень, позволяет лучше использовать тепло для организации процесса сгорания и повышения экономических показателей двигателя. Умеренное повышение температуры поверхностного корундового слоя толщиной 0,15 - 0,2 мм позволило снизить расход топлива от 1,7% до 10% во всем диапазоне нагрузок двигателя [4].

Поршни с керамическим покрытием

Поршни с керамическим покрытием также устанавливаются в ДВС. Керамика обладает изолирующими свойствами, а именно способностью поглощать тепло в слоях около поверхности поршня. Данный слой является эффективным изолятором и удерживает тепло от проникновения в материал. Зачастую керамическое покрытие наносится на днище поршня, и камеру сгорания (КС). Также, как и в случае с корундовым покрытием, керамическое может на носиться и в область расположения поршневых колец.

Главными достоинствами керамического покрытия является: устойчивость к высоким температурам, высокая химическая устойчивость, высокая твёрдость, 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. 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 (CeO_2) и иттрия (Y_2O_3) [5].

Поршни с каталитическим покрытием

Одним из способов уменьшения вредных выбросов с ОГ является использование каталитических материалов, в частности каталитических нейтрализаторов. Каталитические нейтрализаторы должны нагреться до определённой температуры, чтобы достигнуть высокой эффективности преобразования. Это делает их неэффективными для снижения вредных выбросов в период после холодного запуска ДВС. В частности, несгоревшие углеводороды в течение периода прогрева могут составлять до 80% всех углеводородных выбросов. Каталитические нейтрализаторы с электрическим подогревом ненадёжны и недолговечны.

В данной ситуации возможно применение внутрицилиндровых катализаторов, а именно – каталитического покрытия поршня и КС. Углеводородные выбросы двигателей с искровым зажиганием возникают из-за того, что часть топлива не окисляется, пламя затухает в «мёртвой зоне» поршня, на стенках КС, а пары топлива абсорбируются и десорбируются в слоях масла на стенках цилиндра. Трещины в стенках КС являются главными источниками несгоревших углеводородов, поскольку имеют небольшой объём и узкий вход. Большинство таких трещин расположены в выемках для уплотнительных колец поршня. Большинство источников несгораемых углеводородов близки к стенкам КС. Следовательно, несгоревшие углеводороды можно снизить в источниках их образования путём нанесения каталитического покрытия на поверхность поршня [6].

Одно из первых испытаний поршней с каталитическим покрытием было проведено в конце XX века на бензиновом двигателе с дискообразной КС [6]. Поршень был модифицирован путём создания съёмного днища. Для проведения эксперимента использовалось платиново-родиевое покрытие. При проведении испытания использовались три вида двигателей: модель с поршнем, в котором были покрыты верхняя и боковая стороны днища; модель с поршнем, в котором была покрыта боковая сторона; и модель с порш-

нем без покрытия. При работе на неэтилированном бензине с октановым числом 95 и степенью сжатия, равной 9 были получены следующие результаты: платиново-родиевое напыление на днище поршня оказывает незначительный эффект на крутящий момент двигателя, но это приводит к постепенному снижению несгоревших выбросов углеводородов и небольшому увеличению выбросов NO_x . Таким образом было подтверждено, что снижение углеводородных выбросов обусловлено каталитическим окислением несгоревшей смеси в источниках рядом со стенками, и исследование связанного с ним влияния на характеристики горения и двигателя. Следует отметить, что в исследовании 1997 года исследовалось также влияние угла опережения зажигания на углеводородные выбросы и, поскольку каталитическое покрытие не оказывало воздействия на угол опережения зажигания, то для исследования влияния каталитического покрытия на вредные выбросы угол опережения зажигания не изменялся, что следует учитывать в будущих исследованиях и экспериментах.

Платиново-родиевое покрытие предлагается использовать не только в бензиновых двигателях, но и в двигателях с воспламенением гомогенной смеси от сжатия (HCCI-двигатель), которые на сегодняшний день считаются перспективными. Испытания показали, что использование платиново-родиевого катализатора в HCCI-двигателях уменьшает выбросы углеводородов на 15-20%. Кроме того происходит снижение выбросов CO на 7-13% в зависимости от площади покрытия [7, 8, 9].

При нанесении каталитических покрытий на чугунные поршни следует учитывать влияние температурных напряжений. В классическом виде данная формула выглядит следующим образом [10]:

$$\sigma_T = \frac{\alpha E q \delta}{200 \lambda_T}, \quad (1)$$

где α – коэффициент линейного расширения; E – модуль упругости, МПа; q – удельная тепловая нагрузка, Вт/м²; δ – толщина днища, м; λ_T – коэффициент теплопроводности, Вт/(мК).

Для четырёхтактного ДВС:

$$q = 11,63 \cdot (6000 + 26 \cdot n) \cdot P_i; \quad (2)$$

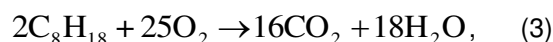
где n – частота вращения, мин⁻¹; P_i – среднее давление, МПа.

Однако, при использовании различных покрытий (каталитических, корундовых, керамических) формулы (1), (2) должны быть скорректированы, поскольку изменятся модуль упругости E , удельная тепловая нагрузка, толщина днища и, как следствие, коэффициент теплопроводности.

Процесс нанесения каталитических, корундовых и керамических покрытий на плоское днище гораздо проще в технологическом плане, поскольку может использоваться микродуговое окисление, что подразумевает использование раствора электролитов.

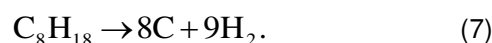
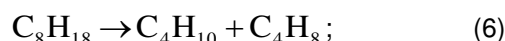
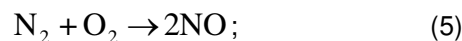
Влияние материала поршня на процесс сгорания топлива

Рассматривая процесс сгорания топлива на примере уравнения реакции окисления изооктана видим:



что основными продуктами реакции являются CO_2 и H_2O .

В реальных условиях в КС протекают следующие побочные химические реакции:



Реакции неполного сгорания (4), крекинга углеводородов (6) и сажеобразования (7) характерны для богатой топливновоздушной смеси и при неравномерности топливновоздушной смеси. Реакции сажеобразования (7) также способствует холодные поверхности цилиндра-поршневой группы (ЦПГ) в момент запуска ДВС. Реакция образования оксидов азота характерна для бедной топливновоздушной смеси, при неравномерности топливновоздушной смеси и при высоких нагрузках. Необходимо заметить, что скорость всех приведённых реакций возрастает с увеличением температуры в КС.

Нормальное горение топлива может происходить только при температурах выше 500 °С [11]. Кроме того, при нормальном сгорании, когда пламя охватывает всю поверх-

ность КС, наибольшая температура газов в цилиндре достигает 2000 - 2200 °С в бензиновых ДВС и около 700 °С в дизельных. При использовании каталитических покрытий температура возрастает [12]. Путем подбора внутрицилиндровых катализаторов можно добиться снижения температуры целевой реакции (3). Таким образом, можно добиться серьезного сокращения выбросов ОГ.

Необходимо так же учитывать, что скорости химических реакций зависят от концентрации реагентов в единице объема, а, следовательно, от давления и температуры газовой смеси (8) [13]:

$$\omega_p = \frac{dC}{dt} = Ap^n e^{-E/RT}; \quad (8)$$

где $\frac{dC}{dt}$ – скорость изменения во времени

относительной концентрации любого из исходных веществ или образующихся продуктов реакции; A – постоянный множитель, зависящий от свойств топлива и состава горючей смеси; p - давление, МПа; R – универсальная газовая постоянная; T – температура, К.

Экспоненциальный множитель в формуле (8) выражает долю молекул, обладающих энергией теплового движения, превышающей некоторую величину энергии активации E , необходимую для преодоления энергетического барьера элементарного акта реакции, т.е. разрыва существующих внутримолекулярных связей и замены их новыми. В случае применения каталитических материалов, а также топлива, соответствующего классам Евро, скорость изменения во времени относительной концентрации любого из исходных веществ или образующихся продуктов реакции $\frac{dC}{dt}$ и температура T изменятся, и это

необходимо будет учитывать при дальнейших исследованиях [13].

Кроме каталитического действия важны ещё и термобарьерные свойства поверхностей КС, чего можно добиться путём нанесения покрытий с низкими коэффициентами теплопроводности. Покрытия на основе α - Al_2O_3 обладают отличными термобарьерными свойствами и формируются из материала поршня в результате микродугового оксидирования (МДО). Из важных преимуществ данного способа получения покрытий можно выделить простоту оборудования для реализа-

ции МДО, низкой стоимости реагентов, из которых готовят электролиты для МДО, и возможность активации покрытия на основе α - Al_2O_3 активными компонентами (Pt, Pd, Cu, Ce).

Термобарьерные свойства покрытий могут сочетаться и с повышением износоустойчивости деталей ЦПГ [14]. Такие покрытия могут защитить от высокотемпературной газовой эрозии и снизить температуру поршня примерно в полтора раза.

Влияние термобарьерного МДО-слоя, нанесённого на поршни, на эксплуатационные показатели двигателя достаточно хорошо изучено в работах [3,15,16,17,18,19]. В работе [16] на основании теоретических исследований сделан вывод о том, что существует рациональная толщина МДО-слоя для тепловой изоляции днища поршня (для дизеля 120 - 160 мкм), позволяющая уменьшить удельный тепловой поток через поршень на 15 %, тем самым увеличивая тепловой КПД двигателя.

Проведение экспериментов на специальной установке показало, что оксидированные слои, толщиной 25-30 мкм, образованные на днище и канавках поршня, снижают температуру с внутренней стороны поршня на 24%. При этом, согласно расчётным данным, слой в 8 мкм способен снизить температуру поршня на 25%.

Таким образом, можно утверждать, что роль термобарьерного покрытия заключается в снижении тепловых потерь в КС, улучшению режима и стабильности сгорания топлива. Однако, в данном случае не удаётся избежать побочных реакций, описанных в формулах (4-7).

В литературных источниках имеются данные о том, что выбросы несгоревшего топлива были снижены на 20% путем осаждения катализатора на Pt-покрытия на верхних и боковых поверхностях поршня [6]. Как известно, для изготовления цилиндров и поршней для ДВС используются алюминиевые сплавы, в частности, силумин [20,21]. Для приготовления каталитических покрытий на деталях из этого материала в литературе приводятся различные методы, например газодинамическое плазменное напыление, плазменно-электролитное оксидирование [22]. Таким образом, можно утверждать, что роль каталитического покрытия заключается в снижении температуры и стабильности сгорания топлива. В данном случае происходит подавление вредных реакций (4-7). Стоит отметить, что применение термобарьерного покрытия с каталитическими свойствами наи-

лучшим образом повлияет на экологичность и экономичность ДВС.

Заключение

Одним из наиболее перспективных путей повышения экологической безопасности двигателей внутреннего сгорания является использование каталитических покрытий в камере сгорания двигателя.

Целесообразно проведение дальнейших исследований бензиновых и дизельных двигателей с каталитическим покрытием камеры сгорания и поверхности поршня, в том числе путём снятия, построения и расчёта индикаторных диаграмм.

Библиографический список

1. Ведрученко, В.Р. Анализ требований к нормативам выбросов вредных веществ / В. Р. Ведрученко, П.В. Литвинов / Архитектура, строительство, транспорт [Электронный ресурс] : материалы Международной научно-практической конференции. – Омск : СибАДИ, 2015. - С. 970-976. (дата обращения 7.05.2016).
2. Coker A.J. Automobile Engineer's Reference Book. 3rd edition. Publication year : 1959.
3. Двоглазов, Г.А. Материаловедение : учебник / Г.А. Двоглазов. - Ростов на Дону : Феникс, 2015. – 445 с.
4. Шпаковский, В.В. Анализ эффективности применения поршней с корундовым слоем для снижения расхода топлива / В.В. Шпаковский, О.Ю. Линьков // Авиационно-космическая техника и технология. - 2008. - № 10(57). - С. 140-144.
5. 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-coatings-applications-in-engineering/ceramic-coating-applications-and-research-fields-for-internal-combustion-engines> (дата обращения : 03.10.2016).
6. Hu, Z, Ladommatos, N., In-Cylinder Catalysts - A Novel Approach to Reduce Hydrocarbon Emissions from Spark-Ignition Engines // SAE Technical Paper 952419, 1995, doi:10.4271/952419.
7. Zeng W., Xie M. A novel approach to reduce hydrocarbon emissions from the HCCI engine // Chemical engineering journal, Volume 139, Issue 2, p.380-389, 2008.
8. Константинов, Е.А. А у нас в машине газ... / Е.А. Константинов // Наука и жизнь. - 2014. - № 4. - С. 106-113.
9. Dec J.E. Advanced compression-ignition engines – understanding the in-cylinder processes. Proceeds of the combustion institute, 2009 – Elsevier.
10. Холмянский, И.А. Конструирование двигателей внутреннего сгорания : конспект лекций / И.А. Холмянский. – Омск : СибАДИ, 2010. – 153 с.
11. Брозе, Д.Д. Сгорание в поршневых двигателях / Д. Д. Брозе. - М. : Машиностроение, 1969. – 247 с.
12. Ленин, И.М. Теория автомобильных двигателей / И. М. Ленин. - М. : Машгиз, 1958. – 271 с.
13. Болтинский, В.Н. Тракторные и автомобильные двигатели / В.Н. Болтинский. - М. : Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1953. – 592 с.
14. Дударева, Н.Ю. Микродуговое оксидирование как средство повышения надежности двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс] / Н.Ю. Дударева, Д.А. Рябова. – Режим доступа : http://www.dvs.ugatu.ac.ru/images/stories/MDO_staty_a.doc. – (дата обращения : 28.08.2016).
15. Марченко, А. П. Влияние корундового слоя на рабочих поверхностях поршней на процесс сгорания в ДВС / А.П. Марченко, В.В. Шпаковский // Двигатели внутреннего сгорания. - 2011. - № 2. - С. 24-28.
16. Шпаковский, В.В. Влияние частично-динамической теплоизоляции на температурное состояние поверхности поршня / В.В. Шпаковский // Двигатели внутреннего сгорания. - 2010. - № 2. - С. 92-95.
17. Марьин, Д.М. Влияние оксидированного слоя на теплонапряженность поршня двигателя внутреннего сгорания / Д.М. Марьин, А.Л. Хохлов, А.А. Шлущенко, Д.А. Уханов // Scienceandworld. - 2014. - № 1(5). - С. 108-109.
18. Шпаковский, В. В. Влияние корундовой поверхности поршней дизеля тепловоза ЧМЭ-3 на эксплуатационные характеристики цилиндропоршневой группы / В. В. Шпаковский, В. В. Осейчук // Двигатели внутреннего сгорания. - 2007. - № 2. - С. 101–105.
19. Степанов, В.А. Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей микродуговым оксидированием днищ поршней двигателей : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / В.А. Степанов ; науч. рук. А.Л. Хохлов ; Пенза. - 2014. - 21 с.
20. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие / А.И. Колчин, В.П. Демидов. - 4-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2008. - 496 с.
21. Чайнов, Н.Д. Конструирование двигателей внутреннего сгорания: Учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" направления подготовки "Энергомашиностроение". / Н.А. Иващенко, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков; под ред. Чайнова Н.Д. - 2-е изд. : М. : Машиностроение, 2011. – 496 с.
22. Parlak, A., Yaşar, H. & Şahin, B. (2003), Performance And Exhaust Emission Characteristics Of A Lower Compression Ratio LHR Diesel Engine, Energy Conversion and Management, 44, pp.163-175.

THE INFLUENCE OF PISTON MATERIALS ON COMBUSTION PROCESS IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES

V.R. Vedruchenko, A.L. Ivanov,
V.A. Borisov, P.V. Litvinov

Abstract. In this article we are produce an overview of currently existing types of piston internal combustion engines. The analysis of the impact of the piston on the material temperature in the cylinder and the combustion process. The variants of the use of different types of pistons in internal combustion engines, the relevant environmental class Euro. The formulas whose parameters are modified using various types of coatings. The chemical combustion processes using catalytic materials. Conclusions about the possible changes in the methods of calculation of the combustion process.

Keywords: piston, material, catalytic coating, combustion process, catalysis.

References

1. Vedruchenko, V.R. Analiz trebovanij k normativam vybrosov vrednyh veshhestv / V.R. Vedruchenko, P.V. Litvinov / Arhitektura, stroitel'stvo, transport [Elektronnyj resurs] : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Omsk : SibADI, 2015. - S. 960-966. (data obrashhenija : 07.05.2016).
2. Coker A.J. Automobile Engineer's Reference Book. 3rd edition. Publication year :1959.
3. Dvoeglazov, G.A. Materialovedenie : uchebnik / G. A. Dvoeglazov. - Rostov n/D : Feniks, 2015. – 445 s.
4. Shpakovskij, V.V. Analiz jeffektivnosti primeneniya porshnej s korundovym sloem dlja snizheniya rashoda topliva / V.V. Shpakovskij, O. Ju. Lin'kov // Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. - 2008. - № 10(57). - S. 140-144.
5. 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-coatings-applications-in-engineering/ceramic-coating-applications-and-research-fields-for-internal-combustion-engines> ((data obrashhenija : 07.05.2016).
6. Hu, Z, Ladommatos, N., In-Cylinder Catalysts - A Novel Approach to Reduce Hydrocarbon Emissions from Spark-Ignition Engines // SAE Technical Paper 952419, 1995, doi:10.4271/952419.
7. Zeng W., Xie M. A novel approach to reduce hydrocarbon emissions from the HCCI engine // Chemical engineering journal, Volume 139, Issue 2, p.380-389, 2008.
8. Konstantinov, E.A. A u nas v mashine gaz... / E. A. Konstantinov // Nauka i zhizn'. - 2014. - № 4. - S. 106-113.
9. Dec J.E. Advanced compression-ignition engines – understanding the in-cylinder processes. Proceeds of the combustion institute, 2009 – Elsevier.
10. Holmjanskij, I.A. Konstruirovaniye dvigatelej vnutrennego sgoraniya : konspekt lekcij / I.A. Holmjanskij. – Omsk : SibADI, 2010. – 153 s.
11. Broze, D.D. Sgoranie v porshnevnykh dvigateljah / D. D. Broze. - M. : Mashinostroenie, 1969. – 247 s.
12. Lenin, I.M. Teorija avtomobil'nykh dvigatelej / I. M. Lenin. - M. : Mashgiz, 1958. – 271 s.
13. Boltinskij, V.N. Traktornye i avtomobil'nye dvigateli / V.N. Boltinskij. - M. : Gosudarstvennoe izdatel'stvo sel'skhozajstvennoj literatury, 1953. – 592 s.
14. Dudareva, N.Ju. Mikrodogovoe oksidirovaniye kak sredstvo povysheniya nadjozhnosti dvigatelej vnutrennego sgoraniya [Elektronnyj resurs] / N. Ju. Dudareva, D. A. Rjabova. – Rezhim dostupa : http://www.dvs.ugatu.ac.ru/images/stories/MDO_staty_a.doc. – (data obrashhenija : 03.10.2016).
15. Marchenko, A. P. Vlijaniye korundovogo sloja na rabochih poverhnostyah porshnej na process sgoraniya v DVS / A. P. Marchenko, V.V. Shpakovskij // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. - 2011. - № 2. - S. 24-28.
16. Shpakovskij, V. V. Vlijaniye chastichno-dinamicheskoy teploizoljatsii na temperaturnoe sostojaniye poverhnosti porshnja / V. V. Shpakovskij // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. - 2010. - № 2. - S. 92-95.
17. Mar'in, D.M. Vlijaniye oksidirovannogo sloja na teplonaprjazhennost' porshnja dvigatelja vnutrennego sgoraniya / D. M. Mar'in, A. L. Hohlov, A.A. Shlushhenko, D.A. Uhanov // Scienceandworld. - 2014. - № 1(5). - S. 108-109.
18. Shpakovskij, V.V. Vlijaniye korundovoj poverhnosti porshnej dizelja teplovoza ChMJe-Z na jekspluatacionnye karakteristiki cilindroporshnevoj grupy / V.V. Shpakovskij, V. V. Osejchuk // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. - 2007. - № 2. - S. 101–105.
19. Stepanov, V.A. Uluchsheniye jekspluatacionnykh pokazatelej avtomobilej mikrodogovym oksidirovaniem dnishh porshnej dvigatelej : avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk : 05.20.03 / V. A. Stepanov ; nauch. ruk. A. L. Hohlov ; Penza. - 2014. - 21 s.
20. Kolchin, A.I. Raschet avtomobil'nykh i traktornykh dvigatelej : uchebnoe posobie / A.I. Kolchin, V.P. Demidov. - 4-e izd., ster. - M.: Vysshaja shkola, 2008. - 496 s.
21. Chajnov, N.D. Konstruirovaniye dvigatelej vnutrennego sgoraniya: Uchebnik dlja studentov vysshih uchebnykh zavedenij, obuchajushhijhsja po special'nosti "Dvigateli vnutrennego sgoraniya" napravlenija podgotovki "Jenergomashinostroenie". / Ivashhenko N.A., Krasnokutskij A.N., Mjagkov L.L.; pod red. Chajnova N.D. - 2-e izd. : M. : Mashinostroenie, 2011. – 496 s.
22. Parlak, A., Yaşar, H. & Şahin, B. (2003), Performance And Exhaust Emission Characteristics Of A Lower Compression Ratio LHR Diesel Engine, Energy Conversion and Management, 44, 163-175.

Ведрученко Виктор Родионович (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Теплоэнергетика ФГБОУ ВО ОмГУПС (644046, г.Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: vedruchenko@mail.ru).

Иванов Александр Леонидович (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Тепловые двигатели и авто-тракторное электрооборудование» ФГБОУ ВО СибАДИ (644040, г.Омск, пр.Мира, 5, e-mail: alsib07@yandex.ru).

Борисов Вадим Андреевич (Омск, Россия) – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры Химическая технология и биотехнология ФГБОУ ВО ОмГТУ (644046, г.Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: borisovtiger86@mail.ru), научный сотрудник ФГБУН ИППУ СО РАН (Омск, ул. Нефтезаводская, дом 54).

Литвинов Павел Васильевич (Омск, Россия) – аспирант очной формы обучения кафедры Теплоэнергетика ФГБОУ ВО ОмГУПС (644046, г.Омск, пр.Маркса, 35, e-mail: p_vasilich55@mail.ru).

Vedruchenko Victor Rodionovich (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Heat Energy, The Omsk State Transport University (644046, Marks avenue, 35,

Omsk, e-mail: vedruchenko@mail.ru).

Ivanov Alexander Leonidovich (Omsk, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Heat Engines and Automotive Electrical Equipment, The Siberian State Automobile and Highway Academy (644040, Mira avenue, 5, Omsk, e-mail: alsib07@yandex.ru).

Borisov Vadim Andreevich (Omsk, Russian Federation) – Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer, Department of Chemical Technology of Organic Substances of the Petrochemical Institute the Omsk State Technical University (644050, Mira avenue, 11 Omsk); Researcher of the Institute of Hydrocarbons Processing, SB RAS (644040, Neftzavodskaya street, 54, Omsk, e-mail: borisovtiger86@mail.ru).

Litvinov Pavel Vasil'evich (Omsk, Russian Federation) – post graduate student of the Heat Energy Department of the Omsk State Transport University (644046, Marks avenue, 35, Omsk, e-mail: p_vasilich55@mail.ru).

УДК 656.05

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И УСТАНОВЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТА ПРИ ПРОЕЗДЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ПЕРЕКРЕСТКА В ИНТЕРВАЛЕ СМЕНЫ РАЗРЕШАЮЩЕГО СИГНАЛА СВЕТОФОРА НА ЗАПРЕЩАЮЩИЙ

В.А. Городокин, З.В. Альметова, Е.В. Шепелева
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

Аннотация. В статье показана необходимость установления значений величины замедления транспортного средства, с использованием которого водители должны осуществлять снижение скорости в темпе «не прибегая к экстренному торможению». Дано определение термина «экстренное торможение», отсутствующее в нормативно-правовых актах Российской Федерации, и установлена величина замедления транспортных средств при применении водителем торможения в темпе «не прибегая к экстренному». Приводится пример расчета технической возможности произвести остановку в месте, регламентированном Правилами дорожного движения, в момент включения желтого сигнала светофора при применении экстренного торможения и торможения в темпе «не прибегая к экстренному».

Ключевые слова: регулируемый перекресток, безопасность дорожного движения, величина замедления транспортного средства.

Введение

Не вызывает сомнения необходимость установления приоритетности в движении того или иного участника дорожного движения при совершении дорожно-транспортных происшествий [1]. Тем не менее, до настоя-

щего времени действующая редакция Правил дорожного движения РФ не позволяет в категорической форме решить вопрос о том, кто из водителей пользовался преимущественным правом при движении через регулируе-