

Висновки:

- доведено ефективність застосування економічної теоретичної моделі експлуатації ПМаш для тракторних двигунів 3-ї та 4-ї категорії щодо прогнозування РМ поршнів на початкових етапах їх проектування;

- встановлено, що розробка економічних моделей експлуатації повинна проводитися відповідно до обраного критерію якості.

Подальший напрям робіт пов'язаний з розробкою економічних моделей експлуатації для двигунів автомобільного та комбайнового призначення.

Список літератури:

1. Пильов В.О. Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності. Монографія. / Пильов В.О. – Х.: НТУ „ХПИ”, 2001. – 332 с. 2. Турчин В. Т. Удосконалення методики визначення ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів /

В. Т. Турчин, В. О. Пильов, А. П. Кузьменко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – №2. – С. 30–35. 3. Ажиппо Н.А. Прогнозирование долговечности подшипников скольжения тракторных двигателей на стадии их проектирования / Ажиппо Н.А., Балюк Б.К. // Двигателестроение. – 1985, №8. – С.17-20. 4. Луцицкий Ю.В. Эксплуатационный расход топлива и метод его определения / Луцицкий Ю.В., Косулин А.Г. // Двигатели внутреннего сгорания: Респ. междувед. научный научн.-техн. сб. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1985. – Вып. 41. С. 96-104. 5. Пылева Т.К. Разработка теоретических нестационарных моделей нагружения двигателей машин различного назначения / Т.К. Пылева, В.Т. Турчин // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. №1. – С. 125–132. 6. Білогуб О.В. Розробка економічної моделі експлуатації тракторного дизеля в системі прогнозування ресурсної міцності деталей камери згорання /О.В. Білогуб, В.Т. Турчин, В.О. Пильов, С.М. Бакланов, С.В. Силенок // Двигатели внутреннего сгорания. – 2009. №1. – С. 100–103. 7. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет / [Н.П. Ксенович, В.В. Гуськов, Н.Ф. Бочаров и др.]; под ред. Н.П. Ксеновича. – М.: Машиностроение, 1991. – 544 с.

УДК 621.43.016.4

В.В. Шпаковский, канд. техн. наук

ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЧНО-ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОРШНЯ

Постановка проблемы

Срок службы ДВС до капитального ремонта в основном определяется износом деталей кривошипно-шатунного механизма, выходом из строя поршней. Высокий температурный уровень последних приводит к снижению механических свойств материала, а неравномерное температурное поле вызывает значительные термические напряжения и неравномерную деформацию. На поршнях растрескиваются кромки камер сгорания, происходит износ и поломка кольцевых перемычек, появляются задиры на цилиндрической части юбки и схватывание с гильзой цилиндра. Поэтому проблема снижения теплонпряженности поршня с целью повышения ресурса ДВС является актуальной.

Анализ публикаций и нерешенные вопросы

Снижение температурного уровня поршней достигается применением их охлаждения, изменением конструкции, применением теплоизолирующих накладок или покрытий [1 - 4]. Экспериментально установлено [5], что применение покрытия толщиной от $0,2 \cdot 10^{-3}$ до $0,8 \cdot 10^{-3}$ м позволяет снизить температуру тела головки поршня на 20–50°C, а зоны над первым кольцом – на 10-25°C. В частности при

покрытии алюминиевых поршней окисью алюминия Al_2O_3 толщиной $0,3 \cdot 10^{-3}$ м опытного дизеля 1Ч 10,5/13 температура в центре днища снизилась на 35 °С, а над первым поршневым кольцом на 25°С. При таком же покрытии поршня тепловозного дизеля Д100 температура наиболее теплонагруженного участка головки поршня снизилась на 85°С [6]. При теплоизоляции днища поршня опытного дизеля 1Ч 24/36 температура тела поршня снизилась на 20 - 25° по всей нагрузочной характеристике [7]. Однако, указанные, равно как и другие покрытия при работе отслаивались и поэтому они не нашли широкого применения для снижения температурного уровня поршней.

Способы решения проблемы

Эффективным способом снижения теплонпряженности поршня и повышения его работоспособности является образование теплозащитного корундового поверхностного слоя на рабочей поверхности поршня методом гальваноплазменной обработки. Образование корундового слоя малой толщины на рабочих поверхностях поршней дизеля тепловоза ЧМЭ-3 обеспечило явление частично-динамической теплоизоляции. При этом дизель

тепловоза отработал более 114 тыс. моточасов без замены цилиндропоршневой группы [8,9].

Цель исследований – установить влияние частично-динамической теплоизоляции на температурное состояние огневой поверхности поршня и установить рациональную толщину корундового слоя на огневой поверхности, обеспечивающую снижение максимума теплового потока в поршень в период сгорания в процессе топливоподдачи и диффузионного горения и наименьшую температуру поверхности поршня при наполнении.

Обоснование научных и практических результатов

Для оценки влияния частично-динамической теплоизоляции, реализованной путем применения поршней с корундовым слоем малой толщины, на характер изменения тепловых потоков в поршень и температур на поверхности поршня дизеля 6ЧН13/11,5 проведены расчётно-экспериментальные исследования. Постановка задачи нестационарной теплопроводности, начальные и граничные условия приведены в [10]. Исследования проводились для поршня из сплава АЛ25 без теплоизоляции и с теплоизолирующим корундовым слоем $\lambda=2,85\text{Вт/м}\cdot\text{К}$ толщиной $0,04\cdot 10^{-3}\text{м}$, $0,12\cdot 10^{-3}\text{м}$, $0,16\cdot 10^{-3}\text{м}$, $0,22\cdot 10^{-3}\text{м}$ и $0,32\cdot 10^{-3}\text{м}$.

Установлено, что среднецикловое значение теплового потока в поршень без теплоизоляции составило 392кВт/м^2 . С увеличением толщины теплоизолирующего слоя до $0,12\cdot 10^{-3} - 0,16\cdot 10^{-3}\text{м}$ происходит быстрое уменьшение теплового потока от рабочего тела в поршень до значений 377кВт/м^2 . При дальнейшем увеличении толщины корундового слоя скорость уменьшения теплового потока несколько замедляется (рис. 1).

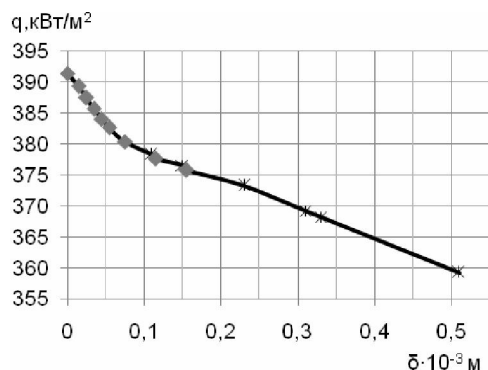


Рис.1. Расчётные значения теплового потока в поршень при разных толщинах корундового слоя на доньшке поршня

Влияние толщины теплоизолирующего слоя на величину удельных тепловых потоков на огневой

поверхности поршня в зависимости от угла поворота коленчатого вала приведено на рис.2. Из графика видно, что при работе двигателя с поршнем без теплоизоляции достигается наибольшее (3720кВт/м^2) значение максимального удельного теплового потока в поршень. С увеличением толщины теплоизолирующего корундового слоя δ до $0,12\cdot 10^{-3}\text{ м}$ величина максимального удельного теплового потока снижается на 580кВт/м^2 , т.е на 15%. Однако снижение удельного теплового потока в поршень не приводит к снижению максимальных значений температуры на поверхности поршня.

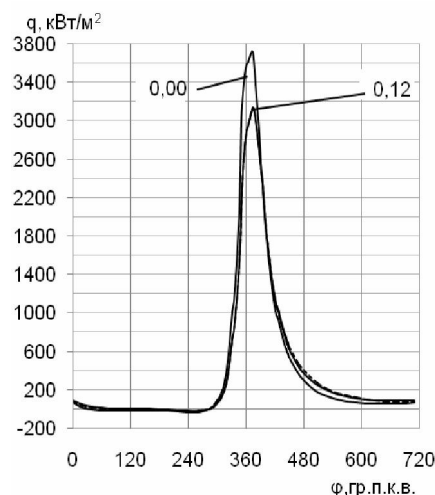


Рис. 2. Изменение величины удельного теплового потока в поршень в течении цикла. Цифры указывают толщину корундового слоя $\delta \cdot 10^{-3}\text{ м}$

Происходит увеличение размаха температурных волн на поверхности поршня (рис. 3).

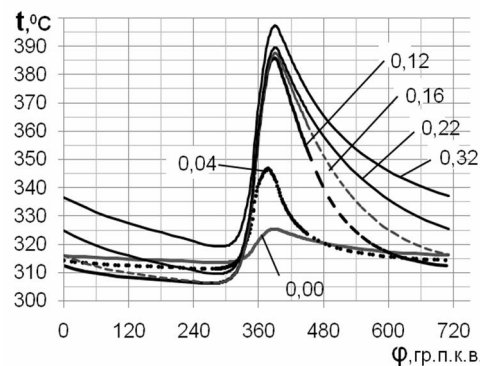


Рис. 3. Изменение температуры на огневой поверхности поршня в течении цикла. Цифры указывают толщину корундового слоя $\delta \cdot 10^{-3}\text{ м}$

Согласно выполненным расчётам растёт и среднецикловая температура на поверхности теплоизолирующего слоя (рис. 4). При увеличении толщины теплоизолирующего корундового слоя до $\delta \approx 0,12\cdot 10^{-3}\text{ м}$ происходит быстрый рост

среднецикловой температуры на огневой поверхности поршня, при толщинах $\delta \approx 0,12 \cdot 10^{-3}$ - $0,16 \cdot 10^{-3}$ м рост среднецикловой температуры замедляется, а затем снова возрастает.

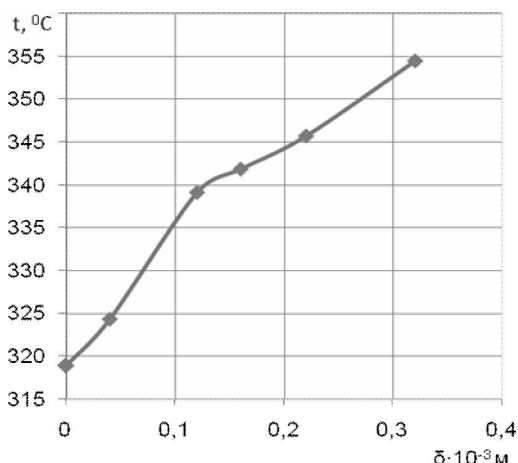


Рис. 4. Среднецикловая температура на огневой поверхности поршня при разных толщинах корундового слоя

Изменение тепловых потоков в диапазоне углов от 0 до 300 гр. п. к. в. приведено на рис. 5. При неизолированной поверхности тепловой поток на такте наполнения от 0 до 30 гр. п. к. в. направлен от газа к поверхности, то есть нагревает поршень. Затем, до $\varphi = 280$ гр. п. к. в. тепловой поток направлен от поверхности к газу, максимальное значение теплового потока равно 35 кВт/м^2 . Происходит подогрев воздушного заряда в течение 250 гр. п. к. в. И только после 280 гр. п. к. в. тепловой поток меняет направление и происходит нагрев поверхности поршня.

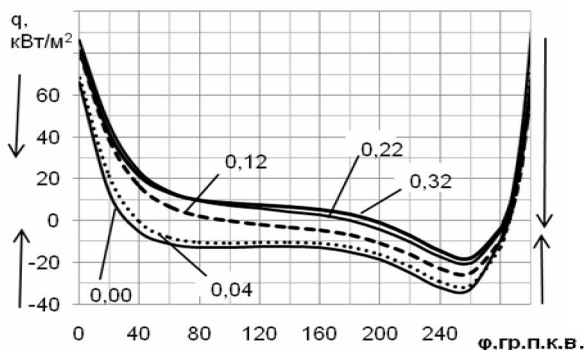


Рис. 5. Расчётные значения теплового потока в поршень на такте наполнения. Цифры указывают толщину корундового слоя $\delta \cdot 10^{-3}$ м

В поверхностном корундовом слое толщиной $\delta \approx 0,12 \cdot 10^{-3}$ м тепловой поток направлен от газа к поверхности поршня в диапазоне углов от 0 до 100 гр. п. к. в., нагревает её, а потом в диапазоне углов 100 - 285 гр. п. к. в. он направлен от поверхности

поршня к газу. Максимальное значение теплового потока, подогревающего заряд составило 26 кВт/м^2 . Таким образом время подогрева заряда сократилось на 70 гр. п. к. в. и составило 185 гр. п. к. в., а тепловой поток уменьшился на 9 кВт/м^2 . С увеличением толщины теплоизоляции до $\delta \approx 0,22 \cdot 10^{-3}$ м время подогрева заряда уменьшилось и составило 105 гр. п. к. в., а максимальное значение теплового потока, подогревающего заряд снизилось до 20 кВт/м^2 .

На такте наполнения на поверхности поршня без теплоизоляции минимальное значение размаха температурной волны составляет около 2°C , а при использовании корундовой теплоизоляции с толщиной $\delta \approx (0,12-0,16) \cdot 10^{-3}$ м минимальное значение размаха температурной волны составляет более 8°C (рис. 3). С увеличением толщины теплоизоляции это значение уменьшается и при $\delta > 0,25 \cdot 10^{-3}$ м минимальное значение размаха температурной волны становится меньше, чем у неизолированного поршня. Таким образом, существует рациональная толщина теплоизолирующего слоя $\delta \approx (0,12-0,16) \cdot 10^{-3}$ м при которой происходит наибольшее снижение минимального значения размаха температурной волны на такте наполнения. Этим подтверждается эффект частично-динамической теплоизоляции.

Рассмотрим значения удельных тепловых потоков в поршень без теплоизоляции и с теплоизолирующим корундовым слоем в период активного сгорания и догорания (рис. 6, 7). Можно считать, что увеличение толщины теплоизолирующего корундового слоя на огневой поверхности поршня более $\delta \approx 0,12 \cdot 10^{-3}$ м практически не приводит к снижению максимального значения теплового потока.

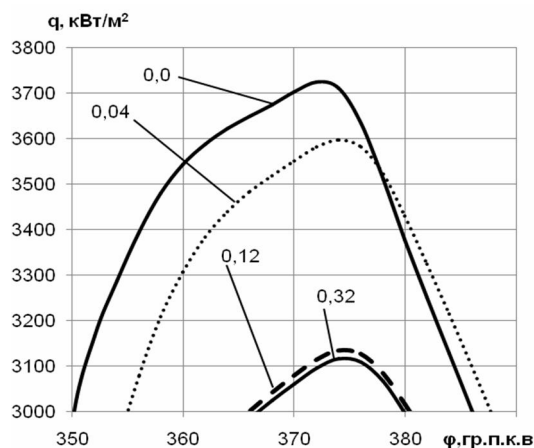


Рис. 6. Максимальные значения тепловых потоков в поршень при разных толщинах корундового слоя. Цифры указывают толщину корундового слоя $\delta \cdot 10^{-3}$ м

При догорании удельный тепловой поток в поршень с толщиной теплоизолирующего корундового слоя δ более $0,12 - 0,32 \cdot 10^{-3}$ м примерно на 100 кВт превышает значения удельного теплового потока в поршень без теплоизоляции. В этом случае температура поверхности поршня с увеличением толщины теплоизоляции повышается (рис. 3).

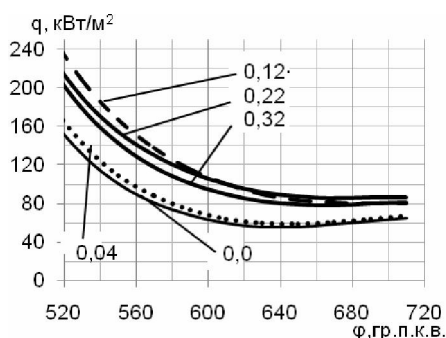


Рис. 7 Расчётные значения теплового потока на огневой поверхности поршня при догорании. Цифры указывают толщину корундового слоя $\delta \cdot 10^{-3}$ м

Увеличение толщины корундового слоя на огневой поверхности приводит к снижению температуры на внутренней стороне доньшка поршня (рис. 8).

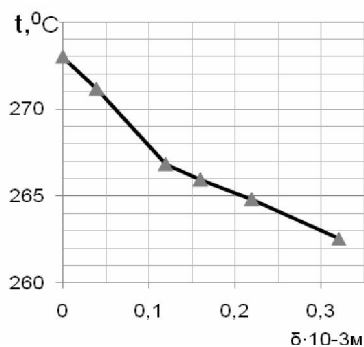


Рис. 8 Зависимость температуры на внутренней стороне доньшка поршня от толщины корундового слоя на огневой поверхности

Таким образом, выполненные расчётные исследования показали возможность применения частично-динамической теплоизоляции, с точки зрения снижения теплонапряженности поршня, с целью повышения ресурса ДВС.

Выводы

1. Установлено, что существует рациональная толщина корундовой теплоизоляции огневой поверхности поршня, обеспечивающая значительное снижение максимального теплового потока в поршень в период сгорания в процессе топливоподачи

и диффузионного горения а при наполнении - наименьшую температуру поверхности поршня.

2. Для дизеля 6ЧН13/11,5 толщина теплоизолирующего слоя $\delta \approx (0,12-0,16) \cdot 10^{-3}$ м обеспечивает:

- снижение на 15% максимального значения удельного теплового потока в поршень по сравнению с поршнем без теплоизоляции;
- повышение максимального значения размаха температурной волны на 60°C ;
- снижение температуры поверхности поршня в процессе наполнения до 8°C ;
- снижение температуры на внутренней стороне доньшка поршня примерно на $6,5^\circ\text{C}$.

Дальнейшее направление исследований связано с экспериментальными исследованиями температурного состояния поршня в рекомендуемом диапазоне толщин теплоизолирующего слоя.

Список литературы:

1. Щеголь А.Я. Влияние жаровой накладки на поршне на температурное состояние деталей двигателя / А.Я. Щеголь // Двигатели внутреннего сгорания. Харьков, 1965 - Вып.2 - С.41.
2. Бялобжеский А.В. Методы анодирования алюминия / А.В. Бялобжеский // Информация о научно-исследовательских работах. Филиал ВИНИ4ТЦ - 1956.
3. Михайлов А.С. Исследование влияния тепловой изоляции днища поршня на его температурное состояние и рабочий процесс при высоком наддуве / А.С.Михайлов // Тр. ЦНИДИ - 1961. - Вып. 57 - С.107-111.
4. Шрейдер А.В. Оксидирование алюминия и его сплавов / Шрейдер А.В. - М.: Металлургиздат. 1960.
5. Костин А.К. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания / Костин А.К., Ларионов В.В., Михайлов В.И. - Л.: Машиностроение, 1979. - 222 с.
6. Коллегов Е.В. Поршни дизеля ОД100 с керамическими покрытиями / Е.В.Коллегов // «Вестник Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта». - 1965 - №1 - С. 44-51.
7. Никитин М.Д. Теплозащитные и износостойкие покрытия деталей дизелей / М.Д. Никитин, А.Я. Кулик, Н.И. Захаров - Л.: Машиностроение, 1977. - 165с.
8. Шпаковский В.В. Повышение ресурса цилиндра-поршневой группы тепловозного дизеля образованием корундового слоя на поверхности поршней / В.В. Шпаковский, А.П. Марченко, И.В. Парсаданов и др. // Локомотив информ. - 2007 - №1. - С. 28-30.
9. Шпаковский В.В. Результаты исследований износа поршней с корундовым поверхностным слоем дизеля тепловоза ЧМЭ-3 / В.В. Шпаковский // Авиационно-космическая техника и технология. - 2009. - №2 - С.140-144.
10. Шпаковский В.В. Результаты математического моделирования температурного состояния поверхности камеры сгорания поршня с керамическим поверхностным слоем / В.В. Шпаковский, А.П. Марченко, В.В. Пылёв // Авиационно-космическая техника и технология. - 2009. - №3(60) - С.80-84.