

В.В. ШПАКОВСКИЙ, канд. техн. наук, **О.Ю. ЛИНЬКОВ**, канд. техн. наук, **В.В. ПЫЛЁВ**, НТУ «ХПИ» (г. Харьков)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОРШНЯ С КОРУНДОВЫМ СЛОЕМ НА ОГНЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

У роботі наведені розрахунково-експериментальні дослідження теплонапруженності поршня з корундовим поверхневим шаром на вогневому днищі. Застосування теплоізолюючого корундового шару оптимальної товщини дозволяє зменшити температуру тіла поршня під шаром і дозволяє підвищити його ресурс.

Calculated-experimental researches of heat density of the piston with a corundum superficial layer on the fire end plate are in-process instanced. Application heat-insulating a corundum layer of optimum thickness allows reduces a body temperature of the piston under a layer and allows increasing its resource.

Постановка проблеми. Повышение максимальной температуры сгорания топлива при форсировании двигателей приводит к повышению температуры поверхности поршня, что сопровождается снижением механических свойств материала поршня.

Пределная температура днища поршня из алюминиевого сплава для дизелей ограничивается 300 – 350⁰С. Превышение этой температуры приводит к растрескиванию кромок камеры сгорания поршня, что ускоряет выход его из строя и способствует снижению ресурса двигателя. Поэтому снижение теплонапряжённости поршня является важной задачей для повышения ресурса дизелей.

Анализ публикаций. Повышение технико-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания может быть достигнуто уменьшением теплоотвода в стенки камеры сгорания. Однако использование жаростойких стальных теплоизолирующих накладок на поршни и головку цилиндров, кольцевых чугунных теплоизолирующих вставок в верхнем поясе гильз цилиндров приводит к значительному повышению температуры их поверхности. Так температура кромки камеры в поршне возросла с 270 - 290⁰С до 690 - 710⁰С, что обусловило повышение температуры тела поршня [1]. К аналогичным выводам пришли и другие исследователи [2, 3, 4].

Цели статьи. Целью работы является проведение расчётно-экспериментальных исследований теплонапряженности поршня в зависимости от толщины поверхностного теплоизолирующего корундового слоя на огневом днище поршня.

Обоснование научных результатов. Образование теплозащитного керамического корундового слоя на огневой поверхности поршня позволяет выдержать более высокую температуру рабочего тела в камере сгорания, так как теплостойкость корундового слоя составляет $900 - 1200^{\circ}\text{C}$. Это способствует улучшению экономических показателей двигателя. Вместе с тем температура тела поршня под теплозащитным слоем снижается [5].

Нами произведен расчёт температурного состояния теплоизолирующего корундового слоя по глубине в зависимости от его толщины (до 0,5 мм) на огневом днище поршня толщиной 16 мм для дизеля 6ЧН13/11,5 мощностью 130 кВт, при частоте вращения коленчатого вала 2100 мин^{-1} , с учётом изменения параметров теплообмена с огневой поверхностью доньшка поршня в течение рабочего цикла на установившемся режиме работы дизеля. Расчёт производился методом численного моделирования в формулировке вида [5]. Граничные условия со стороны рабочего тела взяты из [6] и приведены на рис.1.

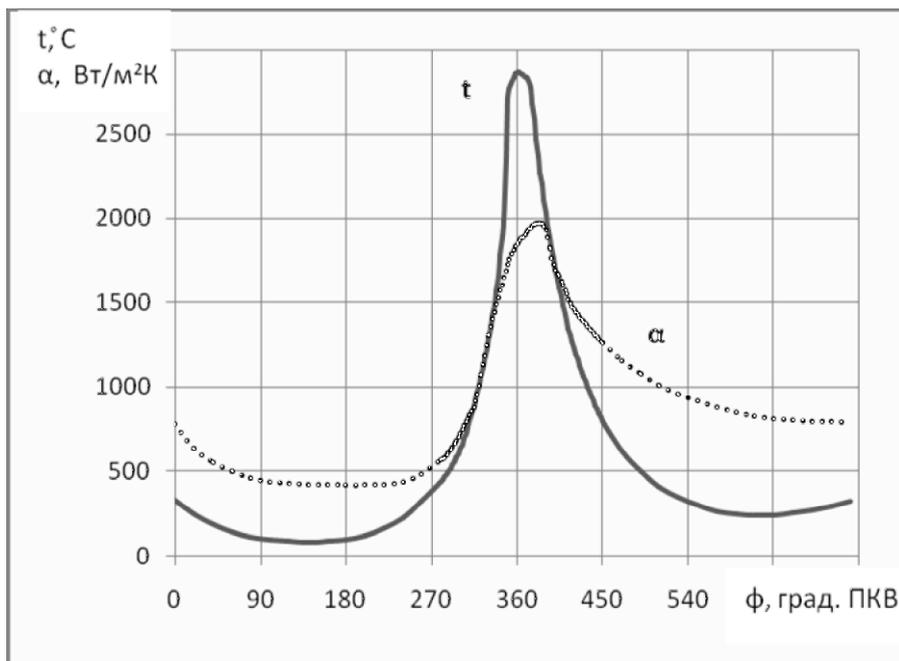


Рис.1. Изменение температуры рабочего тела и коэффициента теплоотдачи в течение рабочего цикла

Теплофизические характеристики корундового слоя принимались равными – $\lambda = 2,85 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, $c = 837 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, $\rho = 3200 \text{ кг}/\text{м}^3$. Расчётные сетки

0,005 мм, 0,01мм и 0,02мм использовались до толщины 1 мм, а далее на всю толщину доньшка поршня – 16мм принималась 0,1мм.

Среднецикловые значения теплового потока в поршень без теплоизоляции составляют 392 кВт/м^2 и с увеличением толщины теплоизолирующего слоя до 0,5 мм снижаются на 30 кВт/м^2 (рис.2) . Более высокая скорость уменьшения теплового потока от рабочего тела в поршень наблюдается до толщины корундового слоя 0,1- 0,15 мм.

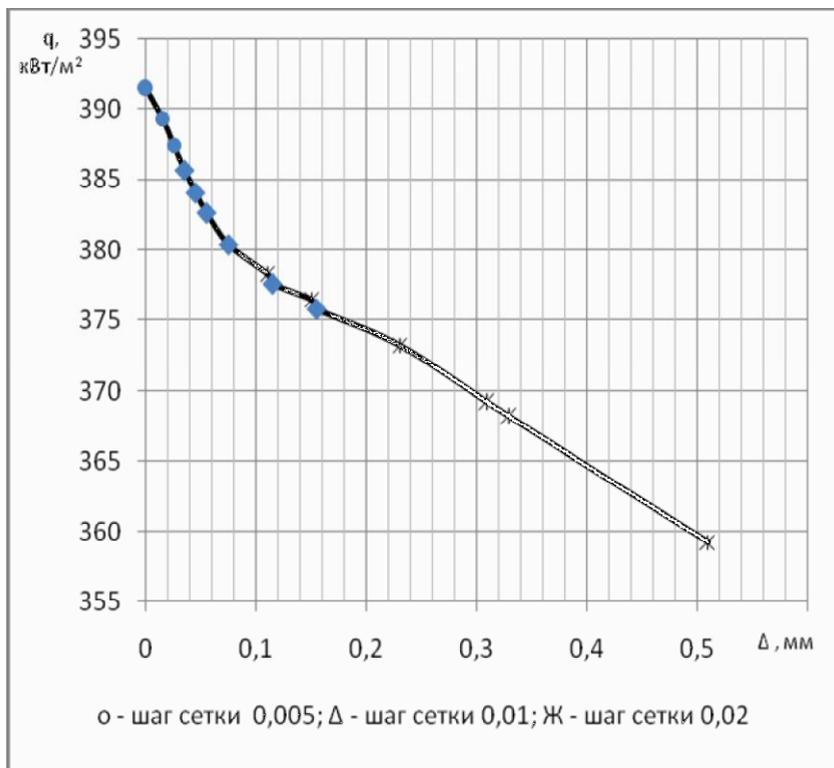


Рис.2. Расчётные значения теплового потока в поршень при различных толщинах теплоизолирующего корундового слоя Δ – на днище поршня

С увеличением толщины теплоизолирующего слоя Δ от 0 до 0,5 мм среднецикловая температура огневой поверхности доньшка поршня возрастает с 315°C до 365°C , а среднецикловая температура под теплоизолирующим слоем снижается соответственно от 315°C до 300°C (рис.3).

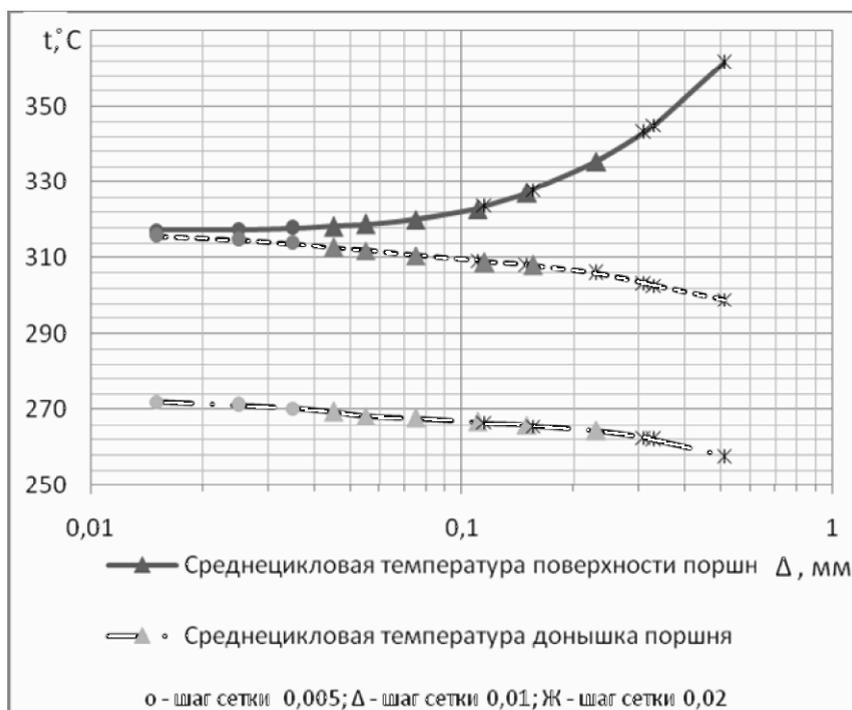


Рис.3. Расчётные значения среднецикловой температуры поршня в зависимости от толщины теплоизолирующего корундового слоя

При этом среднецикловая температура тела головки поршня с внутренней стороны снижается на 18° . Наиболее интенсивное снижение температуры тела головки поршня и под теплоизолирующим слоем наблюдается до толщины слоя 0,1- 0,15 мм., что хорошо согласуется с экспериментальными данными, полученными автором и другими исследователями [4,7]. Применение покрытия толщиной от $0,2 \cdot 10^{-3}$ до $0,8 \cdot 10^{-3}$ г позволяет снизить температуру тела головки поршня на $20-50^{\circ}$, [8].

При испытании тепловозного дизеля Д100 [9] с керамическим покрытием поршня установлено, что температура теплонпряженного участка головки поршня снижается на 85° . При этом эффективность снижения температуры поршня больше на тех участках, где была более высокая температура до покрытия. Таким образом, керамическое покрытие выравнивает температурное поле головки поршня и способствует уменьшению соответствующих термических напряжений. Также установлено, что покрытие толщиной 0,1 мм снижает температуру тела поршня на $45...50^{\circ}$, толщиной до 0,2 мм дополнительно снижает температуру на 20° , а увеличение толщины слоя кера-

мики от 0,8 мм до 0,9 мм снижает температуру только на 5°. Это означает, что с ростом толщины покрытия тепловое сопротивление возрастает, но не пропорционально толщине покрытия. При теплоизоляции днища поршня дизеля Ч 24/36 температура тела поршня снижается на 20-25°С по всей погрязной характеристике [8].

Выводы.

1. Выполненные расчёты хорошо согласуются с экспериментальными данными других исследователей.

2. Применение теплоизолирующего корундового слоя позволяет снизить температуру тела поршня под слоем и способствует увеличению ресурса поршня.

3. Наибольшая интенсивность снижения теплового потока от рабочего тела в поршень и температурного состояния тела поршня под слоем наблюдается при толщинах теплоизолирующего корундового слоя 0,1- 0,15 мм.

Список литературы: 1. *Разлейцев Н.Ф., Копылов М.Л., Карягин И.Н.* Изменение показателей процесса сгорания в дизеле с повышенной температурой стенок рабочей полости цилиндра // Двигатели внутреннего сгорания. 1986. – Вып.44. – С. 70-77. 2. *Щеголь А.А.* Влияние жаровой накладки на поршне на температурное состояние деталей двигателя. – В кн.: Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков, 1965. – Вып.2. 3. *Михайлов А.С.* Исследование влияния тепловой изоляции днища поршня на его температурное состояние и рабочий процесс при высоком наддуве. – Тр. ЦНИДИ, 1961. – Вып. 57. 4. *Чепиль В.С., Гордиенко Я.И.* Исследование влияния термоизолирующего покрытия доньшка камеры сгорания в поршне на параметры рабочего процесса и тепловое состояние двигателя Д20 // Сб. Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков: Изд-во ХГУ, 1970. – Вып. 10. – С. 46-52. 5. *Марченко А.П., Пылев В.А., Шпаковский В.В., Пылев В.В.* Эффект влияния малых толщин теплозащитного покрытия поршня на его мгновенную поверхностную температуру // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей. Матер. XI Междунар. научн.-практ. конф. – Владимир: ВГУ, 2008. – С. 220-224. 6. Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности / *Ф.И. Абрамчук, А.П. Марченко, Н.Ф. Разлейцев и др.* / Под общ. ред. *А.Ф. Шеховцова.* – К.: Техника, 1992. – 272 с. 7. *Шпаковский В.В., Пылёв В.А., Осейчук В.В.* Применение поршней с корундовым слоем - способ повышения надёжности двигателей внутреннего сгорания // Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ – 2007. – Вып. 21. – С. 128-131. 8. *Костин А.К., Ларионов В.В., Михайлов Л.И.* Теплонапряжённость двигателей внутреннего сгорания. Л.: Машиностроение, 1979. 222 с. 9. *Никитин М.Д., Кулик А.А., Захаров Н.И.* Теплозащитные и износостойкие покрытия деталей дизелей. – Л.: Машиностроение, 1977. – 165с.

Поступила в редколлегию 01.12.08