

УДК 631.03

## РАСЧЕТ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ СОПРЯЖЕНИЯ «ПОРШНЕВАЯ КАНАВКА - ПОРШНЕВОЕ КОЛЬЦО»

*А.Л. Хохлов, кандидат технических наук, доцент  
тел. 89279843479, chochlov.73@mail.ru*

*А.А. Глуценко, кандидат технических наук, доцент  
тел. 89374564933, oidel@yandex.ru*

*Д.М. Марьин, аспирант*

*тел. 89278220025, marjin25@mail.ru*

*А.Г. Башаев, студент инженерного факультета  
тел. 89278275158, artem.baschaev@yandex.ru*

*ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА*

**Ключевые слова:** износ, трение, сопряжение, поршневая канавка, поршневое кольцо.

Для снижения износа деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» предлагается повысить микротвердость трущейся поверхности поршневой канавки поршня двигателя внутреннего сгорания, формированием на ее поверхности оксидированного слоя методом микродугового оксидирования. Представлены результаты расчетов износа деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо».

**Введение.** В процессе эксплуатации автомобиля наибольшему интенсивному изнашиванию подвержены детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ), что негативно влияет на работу двигателя внутреннего сгорания (ДВС) в целом.

Наиболее нагруженной деталью ЦПГ в процессе работы ДВС является поршень. Одним из выбраковочных критерием поршня являются геометрические параметры верхней поршневой канавки, так как детали сопряжения «верхняя поршневая канавка – поршневое кольцо» изнашиваются наиболее интенсивно [1].

В соответствии со вторым правилом классической теорией процесса трения основанного на минимальном внедрении контактируемого тела в сопряженную поверхность [2], для снижения износа деталей

сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» предлагается повысить микротвердость трущейся поверхности поршневой канавки поршня двигателя внутреннего сгорания, формированием на ее поверхности оксидированного слоя методом микродугового оксидирования [3].

**Материалы и методы исследования.** Износ поверхности поршневой канавки  $i_1$  и поршневого кольца  $i_2$  можно определить следующим образом [4]:

$$i_1 = 2 \cdot \left[ \frac{(v_1 + \varepsilon_1)^2}{2v_1^2 + \varepsilon_1 v_2 - 3v_2} \right]^{\frac{1}{2}} \left( \frac{1}{(v_1 + 1)nHV_1} \right)^{\frac{1-2v_2+2v_2v_1-v_1}{2v_2}} \left( \frac{\sigma_{S1} - 2\tau_1}{\sigma_{S1}} \right)^{\frac{6v_2-3}{2}} \left( \frac{h_{max1}^{2-3v_2} r_1^{3v_2-2}}{HV_1 b_1} \right)^{\frac{6v_2-3}{2v_2}} \left( \Gamma_1 R_{b1} \right)^{\frac{2v_2-1}{2}} (t_2 - \varepsilon_{gr}) \quad (1)$$

$$i_2 = 2 \left[ \frac{(v_1 + \varepsilon_1)^2}{2v_1^2 + \varepsilon_1 v_2 - 3v_2} \right]^{\frac{1}{2}} \left( \frac{1}{(v_1 + 1)nHV_2} \right)^{\frac{1-2v_2+2v_2v_1-v_1}{2}} \left( \frac{\sigma_{S2} - 2\tau_2}{\sigma_{S2}} \right)^{\frac{6v_2-3}{2}} \left( \frac{h_{max2}^{2-3v_2} r_2^{3v_2-2}}{HV_2 b_2} \right)^{\frac{6v_2-3}{2v_2}} \left( \Gamma_2 R_{b2} \right)^{\frac{2v_2-1}{2}} \left[ \frac{h \left[ s_H^2 + (t_2 + \varepsilon_H)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - h_2 (t_2 + \varepsilon_H)}{s_H} \right] \quad (2)$$

где  $v_1, v_2, b_1$  и  $b_2$  – константы, характеризующие геометрию поверхности поршневой канавки (индекс 1) и поршневого кольца (индекс 2) в зависимости от вида механической обработки;  $p_a$  – давление цилиндрических газов на поршневое кольцо, МПа;  $F_{a1}$  и  $F_{a2}$  – номинальные площади контакта соответственно поршневой канавки и поршневого кольца, мм<sup>2</sup>;  $x_1$  и  $x_2$  – величины, зависящие от распределения неровностей трущихся поверхностей соответственно поршневой канавки и поршневого кольца по высоте;  $HV_1$  и  $HV_2$  – микротвердости соответственно материала поршневой канавки и поршневого кольца, МПа;  $\sigma_{S1}$  и  $\sigma_{S2}$  – предел текучести материала поршневой канавки и поршневого кольца, МПа;  $\tau_1$  и  $\tau_2$  – удельная сила трения соответственно поршневой канавки и поршневого кольца, Н;  $h_{max1}$  и  $h_{max2}$  – максимальная высота неровностей трущихся поверхностей поршневой канавки и поршневого кольца соответственно, мм;  $r_1$  и  $r_2$  – радиус закругления неровностей трущихся поверхностей поршневой канавки и поршневого кольца, мм;  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$  – упругие постоянные материала соответственно поршневой канавки и поршневого кольца, МПа<sup>-1</sup>;  $R_{b1}$  и  $R_{b2}$  – радиусы волны неровностей трущихся поверхностей соответственно поршневой канавки и поршневого кольца, мм;  $t_2$  – радиальная толщина поршневого кольца, мм;  $s_{gr}$  – зазор между деталями в сопряжении «гильза цилиндра – поршень», мм;  $h_2$  – высота поршневого кольца, мм;  $s_H$  – зазор между деталями в сопряжении «поршневая канавка – поршневое кольцо», мм.

Таким образом, износ деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» зависит от состояния поверхностей трения (микротвердости поршневой канавки  $HV_1$ , степени чистоты механической обработки  $v, b$  и свойств материала  $x, \tau, R_{\sigma}, \sigma_s, h_{max}, \Gamma, r$ ). Следовательно, для снижения износа деталей этого сопряжения необходимо в первую очередь повысить микротвердость поршневой канавки  $HV_1$ .

Для установления зависимости износа от микротвердости оксидированного слоя выполнен расчет при значениях микротвердости оксидированного слоя поршневой канавки  $HV_1 = 1100...1700$  МПа, с интервалом в 100 МПа, микротвердости поршневого кольца  $HV_2 = 1100$  МПа, время работы деталей сопряжения – 400 ч.

Результаты исследований и их обсуждение.

После проведенных расчетов установлено, что для снижения износа поршней микротвердость оксидированного слоя поверхности трения поршневой канавки должна быть в пределах 1250...1350 МПа. При этом износ поршневой канавки оксидированного поршня за расчетный период работы деталей сопряжения 400 ч составил 5,7 мкм, что в 1,6 раза ниже, чем у поршневой канавки типового поршня (9,5 мкм). Износ поршневого кольца у оксидированного поршня составил 25,8 мкм, что в 1,1 раза выше, чем у поршневого кольца типового поршня (23,6 мкм). Общий износ деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» снижается и составляет 31,5 мкм, в то время как у типового сопряжения износ деталей составляет 33,1 мкм.

Закключение: Полученные результаты теоретических расчетов позволяют сделать вывод, что для снижения износа деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» микротвердость оксидированного слоя должна быть в пределах 1300 МПа. При этом износ поршневой канавки оксидированного поршня снижается в 1,6 раза.

#### *Библиографический список*

1. *Марьин, Д.М.* Теоретические предпосылки к снижению интенсивности изнашивания рабочих поверхностей поршневой канавки поршня ДВС / *Д.М. Марьин, А.Л. Хохлов, А.А. Глуценко* // Наука и Мир. - 2015. - № 11 (27). - С. 75-77.
2. *Крагельский, И.В.* Основы расчетов на трение и износ / *И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов.* - М.: Машиностроение, 1977. - 526 с.
3. Патент на полезную модель № 130003 Российская Федерация, МПК F02F 3/10. Поршень двигателя внутреннего сгорания / *Д.М. Марьин,*

- А.Л. Хохлов, Д.А. Уханов, В.А. Степанов, А.Ш. Нурутдинов, А.А. Хохлов. № 2012151171. Заявл. 28.11.2012; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 19.
4. Марьин, Д.М. Теоретическое обоснование снижения износа деталей сопряжения «поршневая канавка - поршневое кольцо» / Д.М. Марьин, А.Л. Хохлов, А.А. Глущенко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии . – 2015. - № 4(32). – С. 168-172.

## CALCULATION OF WEAR OF THE PAIR «PISTON GROOVE - PISTON RING»

*Chochlov A.L., Glushchenko A.A., Marin D.M., Bashaev A.G.*

**Key words:** wear, friction, pair, a piston groove, a piston ring.

To reduce the wear of the pair “piston groove piston ring” is proposed to increase the microhardness of the friction surface of the piston grooves of the piston of the internal combustion engine, the formation of the surface oxidized layer by micro-arc oxidation. Theoretically, the influence of Microturbo of the friction surface of the wear coupling. Presents the results of theoretical calculations.