

УДК 621.436

РЕСУРС ДЕТАЛЕЙ СОПРЯЖЕНИЯ «ПОРШНЕВАЯ КАНАВКА – ПОРШНЕВОЕ КОЛЬЦО» ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*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, кандидат технических наук, старший преподаватель,
тел. 89278220025, marjin25@mail.ru,*

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

Ключевые слова: поршень, сопряжение, износ, трение, ресурс

В данной статье представлена методика и результаты расчета ресурса деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо»

Введение. В настоящее время в сельском хозяйстве эксплуатируется более 3 млн. двигателей, основная часть которых, после капитального ремонта. Ресурс двигателей прошедших капитальный ремонт составляет 30...47 % ресурса новых двигателей, а затраты средств на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты двигателей увеличивается в 5...6 раз.

К деталям, лимитирующий ресурс двигателя, в первую очередь относятся детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ), отказы которых в основном связаны с износом. Наиболее нагруженной деталью ЦПГ является поршень двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Одним из выбраковочных критериев поршня являются геометрические параметры первой поршневой канавки, так как детали сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» изнашиваются больше, чем другие [1].

Материалы и методы исследований. При расчете ресурса деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» можно сделать следующие допущения: размер гильзы цилиндра остается неизменным; взаимное перемещение трущихся поверхностей поршневого кольца и поршневой канавки осуществляется в радиальном направлении с изменением угла контакта в зависимости от направления движения поршня; упругость кольца остается неизменной.

Ресурс деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» может быть оценена по изменению зазора деталей сопряже-

ния «поршневая канавка – поршневое кольцо» [2].

$$T_c = t_n \left(\alpha \sqrt{\frac{\Delta s_{\text{пр}}}{\Delta s}} \right), \quad (1)$$

где t_n – наработка, ч; α – показатель степени функции изменения параметра; $\Delta s_{\text{пр}} = s_{\text{пр}} - s_n$ – предельное изменение зазора деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо», мм; $\Delta s = s_3 - s_n$ – текущее изменение зазора деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо», мм; $s_{\text{пр}}$ – предельный зазор деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо», мм; s_n – номинальный зазор деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо», мм; s_3 – зазор деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» после наработки, мм.

Зазор деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» после наработки определяется (рис. 1):

$$s_3 = h_{13} - h_{23}, \quad (2)$$

где h_{13} – высота поршневой канавки после наработки, мм; h_{23} – высота поршневого кольца после наработки, мм.

Высота поршневой канавки после наработки

$$h_{13} = h_1 + 2i_1', \quad (3)$$

где h_1 – высота поршневой канавки, мм; i_1' – износ поршневой канавки, мм.

Высота поршневого кольца после наработки

$$h_{23} = h_2 + 2i_2', \quad (4)$$

где h_2 – высота поршневого кольца, мм; i_2' – износ поршневого кольца, мм.

Износ поршневой канавки

$$i_1' = L_1 \times I_1', \quad (5)$$

где L_1 – путь трения поршневой канавки, мм (рис. 2); I_1' – интенсивность изнашивания поршневой канавки мм/мм.

Износ поршневого кольца

$$i_2' = L_2 \times I_2', \quad (6)$$

где L_2 – путь трения поршневого кольца, мм (рис. 2); I_2' – интенсивность изнашивания поршневого кольца, мм/мм.

Путь трения поршневой канавки [2]

$$L_1 = t_2 - s_{\text{гр}}, \quad (7)$$

где t_2 – радиальная толщина поршневого кольца, мм; $s_{\text{гр}}$ – зазор между деталями в сопряжении «гильза цилиндра – поршень», мм.с

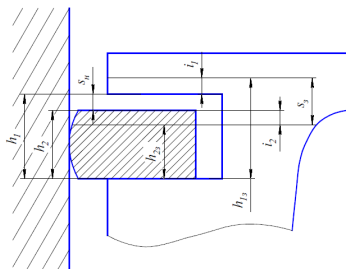


Рисунок 1 - К расчету ресурса деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо»

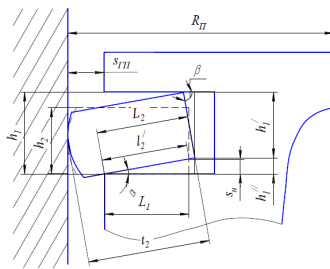


Рисунок 2 - К расчету пути трения деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо»

Путь трения поршневого кольца [2]

$$L_2 = \frac{h_1 \left[s_i^2 + (t_2 + s_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - h_2 (t_2 + s_i)}{s_i}, \quad (8)$$

Интенсивность изнашивания поршневой канавки [3]

$$I_1 = \frac{p_a^{2\nu} \cdot F_{a1}^{2\nu} \cdot P_1^{2\nu-1}}{HV_1 \cdot n \cdot (\nu_2 + 1)} \cdot \left(\frac{\varepsilon_2 \cdot h_{\max 2} \cdot \nu_2}{8 \cdot r_2} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (9)$$

где p_a – давление цилиндрических газов на поршневое кольцо, МПа; P_1 – сила, действующая на поршневую канавку, Н; ε_2 – безразмерная величина, характеризующая относительное сближение поверхности поршневого кольца; $h_{\max 2}$ – максимальная высота неровности трущейся поверхности поршневого кольца, мм; ν_2 – константа, характеризующая геометрию поверхности поршневого кольца в зависимости от вида механической обработки; HV_1 – микротвердость материала поршневой канавки, МПа; n – число циклов до разрушения единичной неровности; r_2 – радиус закругления неровности трущейся поверхности поршневого кольца, мм.

Интенсивность изнашивания поршневого кольца

$$I_2 = \frac{p_a^{2\nu} \cdot F_{a2}^{2\nu} \cdot P_2^{2\nu-1}}{HV_2 \cdot n \cdot (\nu_1 + 1)} \cdot \left(\frac{\varepsilon_1 \cdot h_{\max 1} \cdot \nu_1}{8 \cdot r_1} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (10)$$

где P_2 - сила, действующая на поршневое кольцо, Н; ε_1 – безразмерная величина, характеризующая относительное сближение поверхности поршневой канавки; h_{max1} – максимальная высота неровности трущейся поверхности поршневой канавки, мм; v_1 – константа, характеризующая геометрию поверхности поршневой канавки в зависимости от вида механической обработки; HV_2 – микротвердость материала поршневого кольца, МПа; r_1 – радиус закругления неровности трущейся поверхности поршневой канавки, мм.

С учетом зависимостей (2-10) формула ресурса деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» (1) примет окончательный вид:

$$T_c = t_n \left(\sqrt[3]{\frac{s_{np} - s_n}{2C}} \right), \quad (11)$$

$$C = \left[\frac{1}{P_a^{2v}} \cdot F_{a1}^{2v} \cdot P_1^{2v-1} \cdot \left(\frac{\varepsilon_2 \cdot h_{max2} \cdot v_2}{8 \cdot r_2} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot (t_2 - s_{гп}) \right] -$$

где

$$\left[\frac{1}{P_a^{2v}} \cdot F_{a2}^{2v} \cdot P_2^{2v-1} \cdot \left(\frac{\varepsilon_1 \cdot h_{max1} \cdot v_1}{8 \cdot r_1} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{k_1 [s_n^2 + (t_2 + s_n)^2]^{\frac{1}{2}} - k_2 (t_2 + s_n)}{s_n} \right]$$

Результаты и их обсуждение. Как видно из формулы (11), ресурс деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» зависит от микротвердости поршневой канавки HV_1 , степени чистоты механической обработки v , b и свойств материала σ_s , r , h_{max} , Γ , R_b .

Заключение. Таким образом, для повышения ресурса деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» необходимо в первую очередь повысить микротвердость поршневой канавки HV_1 , например, формированием оксидированного слоя на рабочих поверхностях головки поршня. Увеличение микротвердости поршневой канавки (HV_1), при прочих равных условиях, приведет к повышению ресурса (T_c) деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» и цилиндропоршневой группы двигателя.

Библиографический список

1. 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.
2. Зейнетдинов, Р.А Теоретическое обоснование повышения ресурса деталей сопряжения «поршневая канавка - поршневое кольцо» Р.А. Зейнетдинов, А.А. Глущенко / Известия Международной академии аграрного образования. 2016. №30. С. 26-30.
 3. Марьин, Д.М. Теоретические предпосылки к снижению интенсивности изнашивания рабочих поверхностей поршневой канавки поршня ДВС / Д.М. Марьин, А.Л. Хохлов, А.А. Глущенко // Наука и Мир. - 2015. - № 11 (27). - С. 75-77.
 4. Березин, Е.Б. Двигатель УМЗ-421. Устройство, ремонт, эксплуатация, техническое обслуживание / Е.Б. Березин. – Ульяновск: ОАО «Волжские моторы», 2002. – 150 с.

THE RESOURCE DETAIL INTERFACE «PISTON GROOVE PISTON RING» OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

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

Keywords: *piston, pair, wear, friction, resource*

This article presents the methodology and results of resource calculation details pairing «piston groove piston ring»