

УДК 621.431

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УЛУЧШЕНИЯ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЯ «ПОРШЕНЬ-ЦИЛИНДР»

*Бутуев Ю.В., магистрант 1 года инженерного факультета  
Научный руководитель – Хохлов А.Л., д.т.н., доцент  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

**Ключевые слова:** *двигатель, поршень, цилиндр, мощность, коэффициент трения.*

*В работе рассмотрено теоретическое обоснование улучшения работы сопряжения «поршень-цилиндр». Использование металлов с низким сопротивлением сдвигу позволит снизить коэффициент трения в сопряжении и механические потери в цилиндропоршневой группе двигателя внутреннего сгорания.*

За последние 10–15 лет двигателестроение значительно повысило не только уровень конструирования энергетических установок, но значительно улучшило качество их изготовления. Однако, не смотря на использование новых конструкторских решений и материалов, эффективность современных двигателей оставляет желать лучшего. Одной из причин этого являются существенные тепловые и механические потери в самом двигателе, большая часть которых до 25 % идет на преодоление сил трения [1,2].

Анализ литературных источников показывает, что в объеме этих потерь механические потери в сопряжениях деталей цилиндропоршневой группы составляют от 40 до 63 %. То есть, одним из направлений повышения эффективных показателей современных двигателей внутреннего сгорания является снижение потерь в цилиндропоршневой группе [3,4].

Сравнительный анализ основных положений теории гидродинамической смазки применительно к сопряжению «поршень-цилиндр» показывает, что минимуму энергетических затрат соответствует условие максимума гидродинамической несущей способности. Данное заключение подтверждается следующими положениями [5-8]:

1) при достижении максимального давления увеличивается толщина смазочного слоя  $h_m$ , улучшаются условия смазки, и снижается сила трения ввиду уменьшения градиента скорости  $dhdV$ ;

2) снижение величины радиальной скорости в пределах зазора при максимальном значении несущей способности поршня обеспечивает снижение энергии на удар;

3) поддержание гидродинамического режима в условиях ухудшения режимов трения и смазки обеспечивается повышением несущей способности;

4) уровень несущей способности обеспечивает возможность управлять гидродинамическим режимом в процессе перемещения поршня за счет изменения гидродинамического давления в сопряжении.

Из решения известного уравнения Рейнольдса для перемещения наклонного профиля (образуемого поршневым кольцом), динамическая несущая способность [5-8]

$$P = 6\mu V \frac{L^2}{H_1^2} \frac{1}{\delta^2} \left( \ln(1 + \delta) - 2 \frac{\delta}{2 + \delta} \right), \quad (1)$$

где  $\mu$  - коэффициент Пуассона материала;  $V$  - объем материала,  $\text{м}^3$ ;  $L$

- длина пути трения,  $\text{м}$ ;  $H$  - перепад высот наклонного профиля,  $\text{м}$ ;  $\delta$  - толщина несущего слоя материала,  $\text{м}$ .

$$\delta = \frac{H_2 - H_1}{H_1}, \quad (2)$$

где  $H_2$  - конечная высота индентора,  $\text{м}$ .  $H_1$  - начальная высота индентора,  $\text{м}$ .

Применив функцию Релея, представляющую собой погонную несущую способность, зависящую только от параметра  $\delta$ , который является относительным перепадом высот профиля трущейся поверхности.

Тогда выражение динамической погонной несущей способности профиля можно представить как

$$P = \frac{\mu V L^2 (H_2 - H_1)}{2 H_1^2}, \quad (3)$$

Анализ формулы показывает, что профиль движущейся детали будет характеризоваться параметрами  $L$ ,  $H_1$  и  $H_2$ . При неизменном значении пути трения  $L$ , увеличение несущей способности будет обеспечиваться снижением высоты неровностей трущейся поверхности. Снижение профиля может быть обеспечено металлизацией поверхности трения гильзы металлом с высокой поверхностной активностью, позволяющий заполнить неровности и обеспечить минимальное значение разности высот неровностей. Кроме того, использование металлов с низким сопротивлением сдвигу позволит снизить коэффициент трения в сопряжении.

## Библиографический список:

1. Салахутдинов, И.Р. Перспективные технологии технического обслуживания автомобилей: лабораторный практикум / И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко, А.Л. Хохлов. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2015. – 155 с.
2. Глущенко, А.А. Повышение технико-эксплуатационных показателей ДВС методом микродугового оксидирования днищ поршней: монография / А.А. Глущенко, А.Л. Хохлов. – Ульяновск: УлГУ, 2016. – 126с.
3. Результаты моторных исследований двигателя УМЗ-417 с биметаллизированными гильзами цилиндров / Д.А. Уханов, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко // Нива Поволжья. – 2011. – №4 (21). – С. 66-71.
4. Салахутдинов, И.Р. Гильза цилиндров двигателя УМЗ-417 с измененными физико-механическими свойствами / И.Р. Салахутдинов, А.Л. Хохлов, А.А. Глущенко // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. - С. 132-135.
5. Глущенко, А.А. Влияние биметаллизации на смазывающую способность рабочей поверхности гильзы цилиндра / А.А. Глущенко, И.Р. Салахутдинов, А.Л. Хохлов // Вестник Саратовского ГАУ имени Н.И. Вавилова. – 2011. – №4. – С. 32-34.
6. Результаты теоретических и экспериментальных исследований теплонапряженности поршня ДВС с оксидированным днищем / А.Л. Хохлов, Д.М. Марьин, А.А. Глущенко, Д.А.Уханов // Нива Поволжья. – 2013. – №2 (27). – С. 100-106.
7. 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. 178-182.
8. Степанов, В.А. Микродуговое оксидирование поверхности деталей из алюминиевых сплавов / В.А. Степанов, К.У. Сафаров, А.Л. Хохлов // Молодежь и наука XXI века. Материалы II-й Открытой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2007. - С. 203-207.

## THEORETICAL JUSTIFICATION OF IMPROVING THE WORK MATE “PISTON-CYLINDER”

*Butuev Yu.V.*

**Key words:** *engine, piston, cylinder, power, coefficient of friction.*

*The paper discusses the theoretical rationale of improving the work pair “piston-cylinder”. The use of metals with low resistance using shear will reduce the coefficient of friction in the coupling, and mechanical losses in the cylinder-piston group of internal combustion engine.*