

УДК 621.43:621.891

ВПЛИВ ЗНОСУ ШИЙОК КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

О.М. Маковкін доц., к.т.н.

І.К. Вальчук аспірант

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Зміна величин зазорів і овальності шийок колінчастого вала в процесі експлуатації істотно впливає на роботу підшипників ковзання (див. рисунок 1) [1–3]. Встановлено, що в корінних підшипниках автомобільних двигунів об'ємом 2–2,5 л мінімальна товщина мастильного шару може зменшуватися від 10–12 мкм при початковому стані до 4–5 мкм при граничних зазорах (0,05–0,08 мм) і максимальній робочій температурі оливи (90–100 °С) [4]. У шатунних підшипниках при аналогічних умовах середня мінімальна товщина мастильного шару зменшується до таких значень, коли вже не забезпечується режим повного рідинного тертя. Ще менші значення товщини шару спостерігаються у підшипниках крайніх корінних опор, де навантаження нерівномірно розподіляються.

У процесі роботи двигуна відбувається знос шийок і вкладишів підшипників. Знос зазвичай нерівномірний по колу, що призводить до овальності шийок. Це ускладнює умови гідродинамічного мастила, оскільки в зонах найбільшого зносу радіус кривизни поверхні збільшується, зменшуючи товщину оливного клину. Одночасно овальність спричинює додаткові переміщення шийки вздовж лінії центрів з підвищеними швидкостями, що ще більше зменшує мінімальну товщину мастильного шару [1, 2].

Експериментальні дослідження показують, що із зростанням овальності шийок колінчастого вала товщина мастильного шару в усіх вимірювальних точках зменшується. Це призводить до часткових зон контакту метал–метал, зростання температури й прискорення зношування.

Збільшення овальності корінних шийок спричинює зростання радіального биття колінчастого вала, яке, у свою чергу, підсилює вібрацію двигуна, підвищує дисбаланс і прискорює втому матеріалу [5]. Підвищене биття не лише пришвидшує знос шийок, а й зменшує запас міцності вала, що може спричинити утому та появу тріщин у перехідних радіусах.

Конусність шатунних шийок призводить до порушення паралельності осі шатуна відносно осі поршня, що збільшує бокові навантаження на стінки циліндра і пришвидшує знос поршневих кілець і циліндро-поршневої групи.

Отже, знос шийок колінчастого вала спричинює погіршення умов роботи підшипників і всієї кривошипно-шатунної групи. Тому величини овальності та конусності повинні бути обмежені нормативами, виходячи з умов забезпечення необхідного запасу міцності й рівномірного мастила.

Таким чином, для підвищення довговічності автомобільних двигунів необхідно: – підвищувати зносостійкість шийок колінчастих валів шляхом зміцнювальної обробки (індукційного гартування, плакування, іонного азотування тощо); – забезпечувати перевагу зносостійкості шийок відносно антифрикційного шару вкладишів, щоб контакт відбувався в умовах оптимального розподілу тиску і мастила [6, 7].

З графіка (див. рисунок 1) видно, що збільшення овальності шийки призводить до нелінійного зростання глибини зносу. У початковій зоні (до 0,02 мм) темп зношування незначний — товщина мастильного шару ще забезпечує умови рідинного тертя. У цій області знос не перевищує 6–8 мкм, що відповідає нормальному технічному стану двигуна.

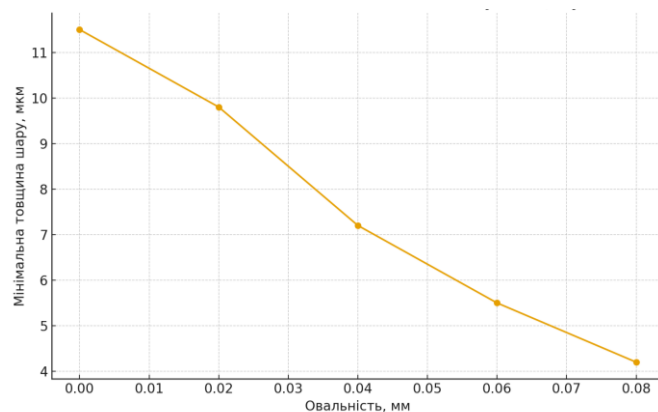


Рисунок 1 – Вплив овальності шийки колінчастого вала на мінімальну товщину мастильного шару

При овальності 0,03–0,04 мм спостерігається перехід до граничного режиму роботи підшипників, у якому товщина оливного клину зменшується настільки, що з'являються зони часткового контакту метал–метал. Глибина зносу у цій зоні сягає 15–20 мкм. Це значення вважається граничним, і двигун потребує контролю стану колінчастого вала та вкладишів [3, 5].

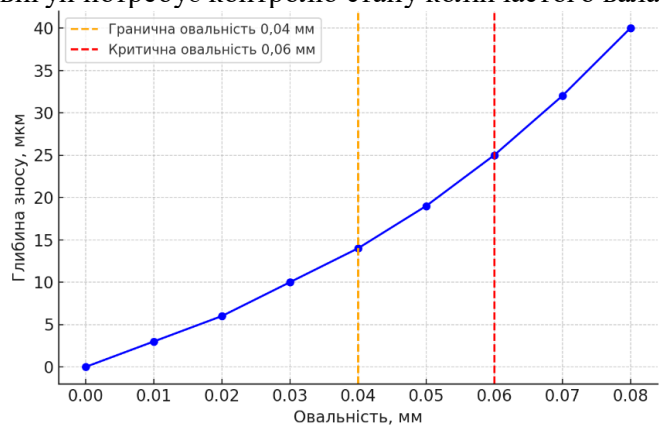


Рисунок 2 – Залежність зносу шийок колінчастого вала від овальності

Подальше збільшення овальності понад 0,05–0,06 мм призводить до різкого прискорення зношування: у зоні 0,06–0,08 мм знос перевищує 30–40 мкм, а в підшипниках уже не забезпечується рідинне мастило. Такий стан вважається критичним — підшипники працюють у режимі граничного тертя, підвищується температура, зростають вібрації та ризик появи задирів [4].

Таким чином, графік підтверджує, що овальність шийок є одним із головних факторів, що визначають довговічність колінчастого вала. Для забезпечення нормальної роботи підшипників необхідно обмежувати овальність до 0,03–0,04 мм, що відповідає допустимим експлуатаційним нормам для більшості легкових дизельних двигунів.

Список використаних джерел

1. Booker J. F. Dynamic Behavior of Engine Bearings Considering Journal Ovality // *ASME Journal of Tribology.* – 2003.
2. Nakajima H., et al. Effect of Journal Roundness on Lubricating Performance in Automotive Engines // *JSAE Review.* – 2005.
3. Tower R. G., Kannel J. E. Bearing Wear and Journal Roughness Effects on Hydrodynamic Lubrication // *SAE Technical Paper 1999-01-1520.*
4. Zhang L., Liu Y. Numerical Simulation of Crankshaft Journal Wear and Lubrication Film Thickness // *Chinese Journal of Mechanical Engineering.* – 2018.
5. Wang X. et al. Tribological Behavior of Bearing Materials under Boundary Lubrication in Automotive Engines // *Tribology International.* – 2020.
6. Toyota Central R&D Labs. Research on Hydrodynamic Bearings in High-Speed Engines. – Tokyo, 2019.
7. General Motors Research Labs. Effect of Crankshaft Deformation on Lubrication and Wear of Engine Bearings. – Detroit, 2017.