

## ЧОМУ ПРОВЕРНУВСЬ ВКЛАДИШ?

**Двигун працював «як годинник» - рівно і стабільно, не перевантажувався і раптом... з'явився різкий неприємний стук.**

Розбирання підтвердило попередні припущення: провернуло шатунний вкладиш колінчастого валу. Невелика поломка, однак вона вимагає значних затрат на ремонт двигуна. Так ремонт тракторного дизеля може обійтися від 3 до 14 тис. грн. і більше, залежно від того, як швидко був зупинений двигун, тобто як довго йому наносилась шкода зношеними деталями, параметри яких вийшли далеко за допустимі.

І справа не тільки в складності конструкції сучасних двигунів і трудомісткості виконання ремонтних робіт. Просто помилки обходяться досить дорого, оскільки усувати несправності приходиться не тільки тих деталей, що знаходяться в контакт, а і багатьох інших, що пов'язані з ними. Тут вже простою заміною вкладишів не обійтись.

Підшипники ковзання в двигуні, якими є вкладиші, здатні без яких-небудь пошкоджень надійно працювати значну кількість мотогодин навіть при повному навантаженні. Проте навіть невелике відхилення від нормальних умов роботи рано чи пізно приводить до виходу підшипників і, відповідно, всього двигуна з ладу. Перш ніж розбиратися, чому це відбувається, треба з'ясувати що таке підшипник колінчастого валу.

**Перш за все слід відмітити, що - мова йде про підшипники ковзання,** що складається з вкладишів, встановлених в отворі блоку. Робота підшипника ковзання заснована на ефекті «масляного клину»: обертаючись, вал під дією навантаження зміщується щодо осі підшипника, що викликає «затягування» масла в звужуючий зазор між валом і вкладишами. Внаслідок цього вал «спливає» на масляному клині і при нормальній роботі підшипника не торкається вкладишів. Чим більший тиск і в'язкість масла в зазорі, тим більше навантаження може витримувати підшипник до зіткнення поверхонь.

**Швидкість зносу різко зростає,** коли режим гідродинамічного тертя порушується, тобто товщина шару масла стає недостатньою, щоб забезпечити відсутність прямого механічного контакту деталей.

Зрозуміло, що всі поверхні деталей не ідеально гладкі, вони мають деяку шорсткість, висота якої визначається чистотою обробки деталі, умовами її прироблення і подальшої експлуатації. При контактних робочих поверхнях вузлів тертя вони як би «зчіплюються» вершинами своїх мікронерівностей.

Але ж деталі переміщуються, а їх робочі поверхні, що зчепилися мікронерівностями, цьому заважають. Звідси, при порушенні гідродинамічного режиму, різко зростає сила тертя. По двигуну це відразу помітно: він різко знижує свої показники. Але тертя приводить до розігрівання деталей, а це, у свою чергу, приводить до розм'якшення поверхневих шарів деталей, їх переходу в пластичний стан.

Фрагменти поверхонь починають зриватися з місця і змиватися моторним маслом. Ось вам і знос, тобто зміна форм поверхневих шарів вузла тертя. А якщо температури стануть дуже високими, можуть виникнути точки мікроприварювань поверхонь. Рухом деталі вони руйнуються, при цьому фрагменти металу одного вузла можуть опинитися на поверхні іншого. Це вже так званий задир.

**Дуже не люблять знос підшипники колінчастого валу двигуна.** Підшипники при всій їх видимій простоті – дуже капризний вузол двигуна, але при цьому життєво важливий.

Вся проблема в тому, що підшипник колінчастого валу ефективно працює, тобто приймає навантаження від поршнів і шатунів тільки тоді, коли поверхні, що його створюють, циліндричні і стабільно може працювати лише у вузькому діапазоні зазорів. А в процесі зносу і циліндричність поступово переходить в овальність, і зазори збільшуються.

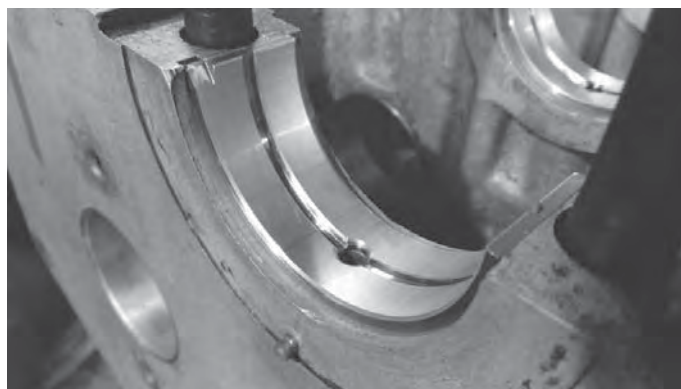
Тиск масла двигуна при цьому знижується, оскільки збільшується витрата моторного масла через зношені підшипники і масляний насос не встигає подавати моторне масло до деталей, що труться. Номінальні зазори нового двигуна «замикають» маслопідвідні канали і не дозволяють маслу зливатись в великій кількості, при цьому тиск в сис-

*Сиромятников П.С., Макаренко М.Г.,  
доценти ХНТУСГ ім. П. Василенка*

темі достатній для нормальної роботи двигуна. Зростання зазорів як би «відкриває» ці канали, тому тиск масла знижується.

**Швидкість зносу різко збільшується, коли двигун працює в режимах з так званим «масляним голодуванням»** – при пуску, на малих обертах при великому навантаженні. Ще значно скорочують моторесурс вкладишів режими з екстремальними навантаженнями, з перегріваннями, що ведуть до високої температури масла. А ще двигун досить швидко зношується при циркуляції неякісного забрудненого масла!

Для забезпечення довгострокової роботи двигуна дуже важливо, щоб до третюх поверхонь надходило чисте масло в достатній кількості.



**Тиск масла в частині зазору, що звужується, у багато разів більший, ніж тиск подачі, і може досягати 600-900 кг/см<sup>2</sup>.** Проте, тиск подачі - теж важливий параметр: від нього залежить кількість масла, що прокачується через підшипник, і, відповідно, умови його охолодження.

Порушення в системі мащення, що викликають зниження тиску, приводять до руйнування масляної плівки, що розділяє деталі. У подібних випадках виникають режими напіврідного і навіть сухого тертя, що супроводжуються перегрівом і пошкодженням поверхонь підшипника.

Вал і отвір, що утворюється вкладишами, повинні мати правильну геометричну форму, при якій між ними забезпечується певний зазор (як правило, в межах 0,03-0,08 мм), а також гладку поверхню. Збільшення зазору спричиняє падіння тиску в системі мащення і погіршення охолодження підшипника. Ще гірше зменшення зазору - воно викликає зіткнення і виникнення задирів на робочих поверхнях.

Груба обробка поверхонь валу і отвору приводить до зіткнення їх окремих ділянок навіть при порівняно невеликих навантаженнях, що викликає нагрів елементів підшипника. Це загрожує задиром - схоплюванням матеріалів і їх взаємним перенесенням, - після чого підшипник виходить з ладу.

**Один з найважливіших чинників, що визначають працездатність підшипника, - це матеріали, з яких виготовлені його елементи.** Якнайкраще поєднання матеріалів наступне: «тверда» поверхня валу і «м'яка» - отвору. Таке поєднання матеріалів знижує ризик виникнення задирів, якщо раптом виникне контакт поверхонь (подібне можливо при запуску двигуна, особливо холодного, коли масло ще не встигає надійти до підшипників). Проте, не дивлячись на «м'якість», поверхня отвору вкладиша має бути достатньо міцною, інакше навантаження, що виникають при роботі приведуть до його руйнування.

**Останні вимоги визначають конструкцію підшипника.** Наприклад, для колінчастого валу, де навантаження і швидкості обертання максимальні, забезпечити працездатність підшипників вдається тільки за допомогою вкладишів, що дозволяють добитися «м'якої» поверхні і низького коефіцієнта тертя при високій втомній міцності. Досягається це використанням багатозарових вкладишів.

с. 9

Щоб вкладиші тривалий час могли триматися в отворі блока з натягом (це необхідно для забезпечення правильної геометрії і відведення тепла), цей «бутерброд» наносять на міцну основу - сталеву стрічку. Широко відомі у нас сталевалюмінієві вкладиші виконані за тим же принципом: сплав алюмінію з оловом одночасно володіє і «м'якістю», і міцністю, і хорошими антифрикційними властивостями.

І, нарешті, **робота підшипників багато в чому визначається властивостями моторного масла - в'язкістю, температурною стабільністю, пакетом присадок.** Проте в експлуатації доводиться враховувати не тільки ці параметри: масло може виявитися забрудненим твердими частинками внаслідок поганої фільтрації. У таких ситуаціях неминучий абразивний знос робочих поверхонь, збільшення зазору і кінець кінцем - пошкодження підшипника.

Слід відмітити, що збільшення зазору в підшипнику вище критичної величини, в середньому 0,12-0,15 мм, викликає стукіт. Він зазвичай виявляється на підвищених частотах обертання і під навантаженням, посилюючись при прогріванні двигуна, коли падає в'язкість масла. Подальша експлуатація двигуна з таким підшипником приводить до лавиноподібного зростання зазору за рахунок ударних навантажень, що супроводжуються сильним нагрівом, плавленням матеріалу вкладиша і зносом шийки валу. Останні, завершальні стадії цього процесу - провертання вкладишів і «викидання» їх залишків в піддон картера з неминучим пошкодженням поверхні отворі блока.

Таким чином, можна зробити висновок, що сам по собі підшипник з ладу виходить украй рідко. Якщо таке трапилось, то простою заміною вкладишів ніяк не обійтись - не допоможе. Тому важливо знайти і усунути причину, що викликає несправність, а краще - не допустити її.

Якщо застукав вкладиш, то для цього майже напевно доведеться знімати і розбирати двигун. І уважно проглядати всі його деталі, насамперед - вкладиші. Тільки так вдається встановити дійсну причину його відмови.

**Не дивлячись на різноманіття причин виходу підшипників з ладу, основні з них пов'язані з порушенням правил експлуатації - тут відповідальність лежить цілком на водієві чи трактористові. РОЗГЛЯНЕМО ОСНОВІ ПРИЧИНИ.**

**Абразивний знос** - вельми поширена причина пошкодження вкладишів. Абразивні частинки викликають прискорений знос, якщо довго не замінювати масло і масляний фільтр. Тоді фільтрувальний елемент буде одного прекрасного дня забруднений настільки, що опір його фільтрувальної штори стане настільки великим, що масло через неї не зможе фільтруватись в достатній кількості і за рахунок перепаду тиску в фільтрі відкриється перепускний клапан. При цьому значна частина масла почне надходити в двигун через клапан без очищення. Більше того, при використанні неякісного кустарного фільтра перепускний клапан може відкритись при більшому перепаді тиску, а, відповідно фільтрувальна штора буде зім'ята та відірвана від каркасу або розірвана і весь накопичений бруд надійде до підшипників та інших третєвих поверхонь...

Абразивні частинки легко виявити - вони вкрапляються в м'який робочий шар вкладишів у вигляді маленьких цяточок, дряпають поверхні вкладиша і валу - особливо поблизу змащувальних отворів. В результаті неякісного очищення масла вкладиші вже через декілька годин роботи матимуть такий «блідий» вигляд, якого не зустрінеш і після тисячі годин нормальної експлуатації.

**Корозія робочого шару вкладиша** - наслідок тривалої експлуатації двигуна з багаточисельними вкладишами на маслі, термін експлуатації вже вийшов. Воно здатне хімічно впливати на матеріал вкладишів, окислюючи і руйнуючи робочу поверхню. Корозія «проїдає» верхній шар, залишаючи на поверхні численні пори.

На практиці цей вид пошкодження є результатом так званої фреттінг-корозії (корозії під напругою), що виникає при великих навантаженнях в підшипниках. Така картина більше характерна для дизелів, причому не тільки внаслідок нерегулярної заміни масла, але і при використанні невідповідних сортів масел.

**Недостатня кількість мастила** - чи не найпоширеніша причина руйнування вкладишів. І починається воно з руйнування масляної плівки. Причин для цього більш ніж достатньо.

Найпростіша причина, що часто зустрічається - **порушення подачі масла.** Якщо масло витекло з пробитого піддону, зрізаний привод масляного насоса, забитий маслоприймач, або забруднений масляний фільтр з перепускним клапаном, що відкривається при більшому перепаді тиску, результат буде один - руйнування масляної плівки, контакт поверхонь, зростання температури і плавлення матеріалу вкладишів. До аналогічного результату приводить також недостатній зазор в підшипнику, неспіввісність і неправильна форма постелі - все це викликає різке зростання навантажень і «вичавлювання» масла із зазору між вкладишем і шийкою валу. Подібний ефект спостерігається і при розрідженні масла паливом або охолодною рідиною, а також при запуску на сильно-му морозі двигуна, заправленого густим літнім маслом.

**Вкладиші, що випробували режим масляного голодування, на ранній стадії мають блискучі підплавлені ділянки.** Подальша робота підшипника в такому режимі веде до швидкого розширення пошкоджених ділянок, прогресуючого зносу, задирів, плавленню і повному руйнуванню робочого шару.

**При перегріві вкладишів,** окрім блискучих підплавлених ділянок, викришування і розтріскування робочого шару, потемніння тильної сторони вкладишів, спостерігатиметься деформація сталеві основи вкладишів. В даному випадку вкладиш, встановлений в отвір блоку, не утримується в ньому і випадає.

Знос біля краю вкладиша виникає з різних причин. Так, при перекося осей отвору блоку і валу спостерігається діагональний знос країв. Така картина часто спостерігається у шатуна з деформованим стрижнем.

**Знос країв вкладишів** нерідко виникає внаслідок дуже великих галтелей, виконаних на шийках колінчастого валу при його ремонті. Такий знос можливий як з одного, так і з обох боків вкладишів залежно від форми галтелей.

Перекося осей веде до підплавлення країв вкладишів, тоді як галтелі зазвичай прокреслюють на краях вкладишів канавки, знімаючи «зайвий» метал.



Розглядаючи причини пошкодження і виходу вкладишів з ладу, можна без зусиль скласти перелік заходів, що допомагають якщо не виключити, то до мінімуму зменшити вірогідність поломок. В усякому разі, **профілактика виявиться набагато простішою і вигіднішою, ніж ремонт.**

Під час експлуатації двигуна основа безвідмовної роботи підшипників - справність системи мащення двигуна. Це означає, що треба застосовувати масло високої якості, своєчасно контролювати його рівень і вчасно замінювати його разом з встановленням нового якісного масляного фільтра. А будь-яку несправність в роботі двигуна слід усувати негайно, не відкладаючи на потім.

**Комплекс «ремонтних» правил більший. Головне - це чистота всіх деталей, їх уважний контроль, причому як візуальний, так і за допомогою вимірювальних приладів. Особливу увагу слід звертати на геометрію отворів під вкладиші, перекося або непаралельність осей отворів і шийок. ■**