

Гідродинамічна теорія змащення

Лекція № 2

- 2.1 Режими тертя в деталях ДВЗ.
- 2.2 Особливості режимів тертя в механізмах поршневих ДВЗ.
- 2.3 Механічні втрати в різних вузлах і агрегатах.
- 2.4 Шляхи зменшення механічних втрат.

2.1 Режими тертя в деталях ДВЗ

- Якщо товщина шару масла більша ніж сума висот нерівностей деталей, то режим вважається гідродинамічним (деталі не контактують між собою і тертя повністю визначається в'язкістю масла).
- Якщо мінімальна товщина шару близька до суми висот нерівностей деталей, то режим відноситься до змішаного, бо є ознаки гідродинамічного і граничного тертя.
- Якщо мінімальна товщина шару менша ніж сума висот нерівностей, то режим тертя – граничний. Він не залежить від в'язкості масла, а визначається властивостями граничних плівок, що покривають поверхні деталей в зоні тертя.

Режим тертя в механізмах ДВЗ залежить від кінематики, динаміки, характеру змащення та температурного стану деталей. Так, головною особливістю кінематики циліндро-поршневої групи є змінний напрямок руху і гармонічна зміна швидкості руху поршня і поршневих кілець відносно циліндра (з досягненням максимуму швидкості в середині ходу поршня і зупинка у ВМТ і НМТ). Це обумовлює існування зразу кількох, що змінюють один одного, режимів змащення і тертя для пар «поршень-циліндр» і «кілець-циліндр».

Що стосується режимів тертя поршневих кілець, то дослідники не прийшли до єдиної точки зору. Одні вважають, що в цій парі переважає гідродинамічний характер тертя, інші доводять відсутність гідродинаміки в умовах роботи кілець, треті відзначають присутність двох режимів тертя.

Остання точка зору в цілому є найбільш раціональною і достовірною, бо спирається на ряд експериментальних і розрахункових досліджень.

Режими змащення і тертя підшипників колінчастого валу і розподільного валу є гідродинамічний. Це доведено багатьма експериментальними та теоретичними дослідженнями. Постійний напрям руху обертального характеру і подача масла під тиском створюють умови гідродинамічного режиму змащення. Цей режим може бути порушений відсутністю масла (холодний пуск, засмічення каналів, порушення роботи масляного насосу) або перевищення допустимих значень навантажень і температури в зоні тертя підшипників (режим максимального крутного моменту, порушення роботи системи змащення і охолодження).

Експериментальне дослідження режимів змащення в підшипниках колінчастого вала показало, що основну долю (90 %) часу робочого циклу складає гідродинамічний режим тертя, а на долю граничного режиму приходить біля 10 % і менше 1 % - на змішаний режим тертя.

Відносно режимів тертя в рухомих парах газорозподільного механізму, то в літературі дуже мало надійних і достовірних даних. Вважають, що виходячи з умов роботи деталей газорозподільного механізму можна прийняти гіпотезу про існування граничного і еластогідродинамічного режимів тертя.

2.3 Механічні втрати в різних вузлах і агрегатах

Вище відзначені особливості режимів тертя в окремих механізмах і сполученнях поршневого ДВЗ. Особливістю, наприклад, дизелів автотракторного типу є достатньо висока доля механічних втрат на газообмін (насосні втрати), яка стрімко збільшується при збільшенні частоти обертання колінчастого вала. Так, на номінальному швидкісному режимі ця доля займає друге місце після втрат на тертя в циліндро-поршневій групі. Механічні втрати на привід вентилятора займають третє місце після тертя в ЦПГ і насосних втрат.

Два останні відносяться до аеродинамічних втрат і не пов'язані з механічним тертям деталей і властивостями масел, що застосовуються.

2.4 Шляхи зменшення механічних втрат

Загальні шляхи зменшення механічних втрат в ДВЗ можна поділити на такі:

- конструктивні;
- технологічні;
- експлуатаційні.

В рамках першого підходу передбачається дія на конструкцію:

- зміною кінематичної схеми з метою зменшення навантажень на механізм або швидкостей руху деталей;
- модернізація форми, розмірів, макро- і мікропрофіля поверхні тертя деталей;
- вибір і оптимізація властивостей масла.
- Другий принцип пов'язаний з матеріалом (включаючи його вибір), а також, з параметрами поверхні деталей, врахуванням взаємодії властивостей масла на властивості поверхонь деталей тертя.
- І, на кінець, третій підхід включає в себе управління режимами роботи двигуна і його окремих вузлів з метою мінімізації втрат механічної енергії.

З врахуванням вкладу у загальні механічні втрати розглянемо тільки конструктивні і технологічні підходи до зменшення механічних втрат.

Серед конструктивних заходів для зменшення механічних втрат на практиці застосовують макропрофільювання і мікропрофільювання поверхонь тертя. Наприклад, для доведення бокової форми тертя поршня і гільзи циліндра на більшій частині ходу поршня існує відсутність масла, тому для забезпечення працездатності, а також зменшення тертя і зношування поверхонь тертя ці поверхні повинні бути спеціально спрофільовані за допомогою мікрорельєфу або покриття.

Сьогодні найбільше поширення має овально-бочкоподібна форма поршнів автотракторних ДВЗ, овал в поперечному перерізі і «бочка» в подовжньому.

Практика експлуатації двигунів показала достатню надійність поршнів овально-бочкоподібної форми. Однак, з точки зору енергозбереження, ці поршні не є оптимальними, бо при їх профілюванні не враховували режим змащення і тертя, а також характер поперечного руху поршня в межах зазору з циліндром. Для покращення самоустановки бочкоподібних поршнів в циліндрі пропонують збільшити діаметр між кільцевої перемички поршня, яка контактує з дзеркалом циліндра і виконує роль другої опори поршня.

Крім цього, були винайдені багато опорні (дво- і більше) профілі бокової поверхні поршнів. Поршень з двоопорною поверхнею не потребує в опорі по кільцевому поясу, бо відрізняється достатньо надійним встановленням в циліндрі за рахунок формування гідродинамічної реакції по обидва боки від осі поршневого пальця.

В Японії розроблений метод, так названого, розмічного профілювання бокової поверхні поршнів, що використовує принципи самопрофілювання деталей в процесі обкатки двигуна. До різновидів розмічного методу відносять метод місцевого видалення металу по плямах натирання після короточасних випробувань.

Крім макропрофільювання і мікропрофільювання для зменшення механічних втрат застосовують принцип трибоадаптивності. Аналіз виконаних конструкцій і характеру зовнішнього навантаження деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ) показав, що для оптимізації функціонування трибосистеми ЦПГ основні трибологічні параметри деталей:

- гідродинамічна здатність опорного профілю;
- сила тертя;
- зазор;
- стан поверхонь тертя,
- потребують в узгодженні з характером зовнішніх навантажень кінематики і температурних полів.

Узагальнення відомих результатів системного аналізу дозволяє прийняти об'єктивний принцип узгодження (сумісності або трибоадаптивності) в якості основи досягнення енергетичної ефективності.

Якщо говорити про трибосистему циліндро-поршневої групи ДВЗ пропонується наступне формування трибоадаптивності: «Параметри елементів структури повинні бути узгодженні з подібними по частоті змінами команд параметрів трибо системи».

Контрольні запитання:

- Які режими тертя зустрічаються в механізмах поршневих ДВЗ ?
- Який режим тертя в шатунних і корінних підшипниках колінчастого вала поршневих ДВЗ ?
- В яких парах тертя поршневих ДВЗ зустрічається змішаний режим тертя?
- Які шляхи зменшення механічних втрат в поршневих ДВЗ ?
- Що передбачають конструктивні шляхи зменшення механічних втрат в поршневих ДВЗ ?